



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

**PERENCANAAN APARTEMEN TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASED DESIGN**

**BIMO YUDHA PRAWIRO**  
**NRP 3111 100 121**

Dosen Pembimbing  
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

# **DESIGN OF TAMAN MELATI APARTEMENT DINOYO, MALANG WITH PERFORMANCE BASED DESIGN**

**BIMO YUDHA PRAWIRO**  
**NRP 3111 100 121**

Lecture  
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2015**

# PERENCANAAN APARTEMEN TAMAN MELATI DINOYO, MALANG MENGGUNAKAN PERFORMANCE BASED DESIGN

**Nama Mahasiswa** : Bimo Yudha Prawiro  
**NRP** : 3111100121  
**Dosen Pembimbing** : Data Iranata, ST, MT, Ph.D

## ABSTRAK

*Indonesia merupakan daerah rawan gempa, untuk mengurangi resiko bencana yang terjadi diperlukan konstruksi bangunan tahan gempa. Perencanaan tahan gempa umumnya didasarkan pada analisa struktur elastis yang kemudian diberi faktor beban untuk mensimulasi kondisi ultimate (batas). Kenyataannya bahwa perilaku keruntuhan bangunan saat gempa adalah inelastis. Evaluasi yang dapat memperkirakan kondisi inelastis bangunan saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan saat gempa. Analisa dan evaluasi kinerja dapat dilakukan dengan analisa pushover yang built-in pada program SAP2000, sedangkan titik kinerja untuk evaluasi masih harus ditentukan tersendiri dengan berbagai metoda (kecuali metode Spektrum Kapasitas).*

*Analisa pushover (beban dorong statik) adalah analisa statik nonlinier perilaku keruntuhan struktur terhadap gempa, sedangkan titik kinerja adalah besarnya perpindahan maksimum struktur saat gempa rencana. Hasil studi menyimpulkan bahwa titik kinerja yang menentukan adalah metode Spektrum Kapasitas (built-in) yang mengacu ATC-40 (ATC, 1996) memberikan nilai Baseshear dan displacement yang nantinya akan dipakai untuk perencanaan komponen struktur. Analisa pushover juga menunjukkan bahwa daktilitas komponen struktur berbeda dalam arah saling tegak lurus, hal ini penting untukantisipasi gempa besar yang mungkin terjadi diluar gempa rencana.*

*Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah suatu sistem rangka penahan momen beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel. Prinsip SPRMK adalah memiliki daktilitas yang tinggi yaitu mampu menerima siklus respon inelastic pada saat menerima beban gempa rencana.*

*Pada perhitungan struktur gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Struktur Bangunan Beton SNI 03-2847-2013,*

dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat lantai 12 cm, pelat atap 12 cm, dimensi balok induk apartement 50/70 tulangan longitudinal 4D22 (tarik), 2D22 (tekan), dan tulangan geser  $\varnothing 12-200$  (sendi plastis),  $\varnothing 12-250$  (tengah bentang), dimensi kolom 120 x 120 tulangan longitudinal 32D25 dan tulangan geser  $\varnothing 12-100$  untuk kolom atap dan tulangan longitudinal 40D25, tulangan geser  $\varnothing 12-140$ . Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 45 cm dengan kedalaman 18 m. Sloof ukuran 50 cm x 70 cm dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan geser  $\varnothing 10-200$ .

**Kata Kunci : Gempa, Performance based design , Pushover Analysis ,SPRMK (Sistem Penahan Rangka Momen Khusus)**



# DESIGN OF TAMAN MELATI APARTEMENT DINOYO, MALANG WITH PERFORMANCE BASED DESIGN

**Name** : Bimo Yudha Prawiro  
**NRP** : 3111100121  
**Lecture** : Data Iranata, ST, MT, Ph.D

## ABSTRACT

*Indonesia is prone to earthquakes, to reduce the risk of disasters required the construction of earthquake-resistant buildings. Earthquake resistant design is generally based on the analysis of elastic structures are then given load factor to simulate conditions of the ultimate (boundary). The fact that the behavior of building collapse during an earthquake is inelastic. Evaluation can assess the condition of the building during the earthquake inelastic need to obtain assurance satisfactory performance during an earthquake. Analysis and performance evaluation can be done by pushover analysis are built-in to the program SAP2000, while point performance for evaluation remains to be determined separately by various methods (except the capacity spectrum method).*

*Pushover analysis (static thrust load) is the collapse of the behavior of nonlinear static analysis of structures against earthquakes, while the point of the performance is the amount of maximum displacement of the structure during the earthquake plan. The study concluded that the performance of the decisive point is the capacity spectrum method (built-in), which refers to ATC-40 (ATC, 1996) gives the value Baseshear and displacement that will be used for planning of structural components. Pushover analysis also showed that the ductility of srtuktur different components in a direction perpendicular to each other the straight, it is important to anticipate the massive earthquake that may occur outside of the earthquake plan.*

*Special Moment Frame System bearers (SRPMK) is a system of reinforced concrete moment resisting frame with detailing that produces flexible structure. SPRMK principle is to have a high daktalitas that is capable of receiving the response cycle inelastically upon receiving seismic load plan.*

*In the calculation of building structures with Special Moment Frame System bearer refers to the Earthquake Resilience Planning Standards For Building Structures SNI 03-1726-2012, Planning*

*Procedures SNI 03-2847-2013 Concrete Building Structure and Regulation of Indonesian Loading To Building PPIUG 1983.*

*From analysis and calculation results obtained results, ie a thick slab 12 cm, 12 cm roof plate, dimension of apartments 50/70 beam longitudinal reinforcement 4D22 (pull), 2D22 (press), and reinforcement geser  $\varnothing 12-200$  (plastic hinge),  $\varnothing 12-250$  (midspan), column dimensions 120 x 120 tulangan 32D25 longitudinal and shear reinforcement for columns  $\varnothing 12-100$  roof and 40D25 longitudinal reinforcement, shear reinforcement  $\varnothing 12-140$ . Foundation design using precast concrete piles 45 cm diameter with a depth of 18 m. Sloof size 50 cm x 70 cm with the main reinforcement and shear reinforcement  $\varnothing 10-200$  8D22.*

***Keyword : Earthquake, Performance based design , Pushover Analysis ,SPRMK (Sistem Penahan Rangka Momen Khusus)***





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**PERENCANAAN APARTEMEN TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG MENGGUNAKAN *PERFORMANCE  
BASED DESIGN***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Oleh :**

**Bimo Yudha Prawiro**

**3111 100 121**

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :**

**Dosen Pembimbing :**

**Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP. 198004302005011002**

**SURABAYA  
Oktober 2015**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, dan saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil serta doa.
2. Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Kepada seluruh Dosen Teknik Sipil ITS yang telah membagikan ilmunya kepada saya
4. Teman-teman kosan bhaskara D30 memberikan motivasi dan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini
5. Teman-teman 2011 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga apa yang kami sajikan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
<i>TITLE PAGE</i> .....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	5
2.2 <i>Performance Based Design</i> .....	5
2.3 <i>Pushover Analysis</i> .....	6
2.3.1 Kurva Kapasitas.....	8
2.3.2 Spektrum <i>Demand</i> .....	9
2.4.3 Kinerja ( <i>Performance</i> ).....	10

### BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	13
3.2 Pengumpulan Data.....	15
3.2.1 Data Umum Bangunan.....	15
3.2.2 Data Bahan.....	15
3.3 Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> SAP 2000.....	15
3.4 Analisa Pembebanan.....	15
3.4.1 Beban Horizontal.....	15
3.4.1.1 Perencanaan Gaya Horizontal.....	16



3.5	Kombinasi Pembebanan .....	20
3.6	Analisis <i>Pushover</i> .....	20
3.7	Analisis Struktur .....	21
3.6	Perhitungan Pondasi .....	21

#### **BAB IV PRELIMINARY DESIGN**

4.1	Data dan Bahan .....	23
4.2	Pembebanan .....	23
4.3	Perencanaan Dimensi Balok .....	24
4.4	Perencanaan Dimensi Pelat .....	25
4.5	Perencanaan Dimensi Kolom .....	25
4.6	Perencanaan Dimensi Pelat .....	26

#### **BAB V PEMBEBANAN**

5.1	Data Bangunan .....	33
5.1.1	Data Umum Bangunan .....	33
5.1.2	Data Dimensi Balok .....	33
5.2	Denah Pembalokan .....	34
5.3	Pemodelan Struktur dengan SAP2000 .....	34
5.4	Pembebanan .....	35
5.4.1	Beban Gravitasi .....	35
5.4.2	Beban Gempa .....	35
5.4.2.1	Menentukan Nilai $S_1$ dan $S_s$ .....	36
5.4.2.2	Mencari $F_a$ dan $F_v$ (koefisien situs) .....	37
5.4.2.3	Perhitungan $SM_s$ dan $SM_1$ .....	38
5.4.2.4	Perhitungan Parameter Spectral Desain $SD_s$ dan $SD_1$ .....	39
5.4.2.5	Menentukan Kategori Desain Seismik .....	39
5.4.2.6	Menentukan Spektrum Respon Desain .....	41
5.4.2.7	Menentukan Periode Waktu Getar Alami Fundamental .....	42
5.4.2.8	Menentukan Koefisien Respon Seismik .....	43
5.4.2.9	Perhitungan Gaya Geser Dasar .....	44
5.5	Kontrol Partisipasi Massa .....	46
5.6	Kontrol Drift .....	47



## **BAB VI ANALISIS STRUKTUR**

6.1	Input Data Struktur Bangunan .....	51
6.1.1	Data dan Bahan .....	51
6.1.2	Pembebanan .....	51
6.1.3	Kombinasi Pembebanan .....	52
6.2	Output SAP2000 v15 .....	53
6.3	Pengecekan Kebenaran Analisa Struktur .....	54
6.4	Pengecekan Struktur Terhadap Kombinasi Pembebanan .....	56

## **BAB VII PERFORMANCE BASED DESIGN**

7.1	Analisa <i>Pushover</i> .....	59
7.2	Tahapan Analisa <i>Pushover</i> .....	60
7.2.1	Tahapan Analisa <i>Pushover</i> SAP2000 .....	60
7.2.2	Menentukan Sendi Plastis .....	62
7.2.3	<i>Running</i> Analisis dengan SAP2000 .....	65
7.3	Analisis Kurva <i>Pushover</i> (Gaya Geser Dasar-Perpindahan Titik Kontrol) .....	66
7.4	Target Perpindahan .....	72

## **BAB VIII ANALISIS STRUKTUR PERFORMANCE BASED DESIGN**

8.1	Input Data Struktur Bangunan .....	79
8.1.1	Data dan Bahan .....	79
8.1.2	Pembebanan .....	79
8.1.3	Kombinasi Pembebanan .....	80
8.2	Output SAP2000 v15 .....	81
8.3	Perencanaan Balok .....	82
8.3.1	Perencanaan Balok B1 Memanjang Atap .....	82
8.3.2	Perencanaan Balok B1 Melintang Atap .....	89
8.3.3	Perencanaan Balok B1 Memanjang Lantai .....	96
8.3.4	Perencanaan Balok B1 Melintang Lantai .....	103
8.3.5	Perencanaan Balok B2 Memanjang .....	110
8.3.6	Perencanaan Balok B2 Melintang .....	117

8.3.7 Perencanaan Balok B3 Memanjang .....	124
8.3.8 Perencanaan Balok B3 Melintang .....	131
8.4 Perencanaan Kolom .....	137
8.4.1 Perencanaan Kolom K1 .....	137
8.4.2 Perencanaan Kolom K2 .....	146
8.4.3 Perencanaan Kolom K3 .....	155
8.4.4 Perencanaan Kolom K4 .....	164
8.4.5 Perencanaan Kolom K5 .....	172
8.4.6 Perencanaan Kolom K6 .....	181
8.5 Perencanaan Pelat .....	189
8.5.1 Perencanaan Pelat Atap .....	189
8.5.2 Perencanaan Pelat Lantai .....	191
8.6 Perencanaan Tangga .....	193
8.6.1 Perencanaan Tanjakan dan Injakan .....	193
8.6.2 Analisa Struktur Tangga .....	190
8.6.3 Perhitungan Tulangan Tangga .....	197
8.6.4 Perhitungan Balok Bordes .....	200

## **BAB IX PERENCANAAN PONDASI**

9.1 Umum .....	205
9.2 Data Tanah .....	205
9.3 Kriteria Desain .....	206
9.4 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal .....	206
9.5 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok .....	210
9.6 Repartisi Beban-Beban di atas Tiang Kelompok .....	211
9.7 Perhitungan Pondasi Tipe 1 .....	212
9.7.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang .....	212
9.7.2 Perhitungan Repartisi Beban di atas Tiang Kelompok .....	213
9.7.3 Perencanaan Poer Pondasi Tipe 1 .....	214
9.7.4 Kontrol geser pons .....	214
9.7.5 Analisis Daya Dukung Lateral .....	217
9.7.6 Penulangan Poer Tipe 1 .....	218
9.8 Perhitungan Pondasi Tipe 2 .....	221
9.8.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang .....	221



9.8.2 Perhitungan Repartisi Beban di atas Tiang Kelompok .....	222
9.8.3 Perencanaan Poer Pondasi Tipe 2 .....	223
9.8.4 Kontrol geser pons .....	224
9.8.5 Analisis Daya Dukung Lateral .....	227
9.8.6 Penulangan Poer Tipe 2 .....	228
9.9 Perencanaan Sloof .....	231
9.9.1 Penulangan Sloof .....	232
9.9.2 Penulangan Geser Sloof .....	234

## **BAB X PENUTUP**

10.1 Kesimpulan .....	235
10.2 Saran .....	237

## **DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik dan ilustrasi <i>pushover</i> (ATC 40).....	7
Gambar 2.2 Grafik kurva kapasitas .....	9
Gambar 2.3 Kurva <i>spectrum demand</i> .....	10
Gambar 2.4 Proses mendapatkan <i>percormance point</i> .....	11
Gambar 2.5 Level kinerja .....	11
Gambar 3.1 <i>Spectra</i> percepatan 0.2 sekon.....	16
Gambar 3.2 <i>Spectra</i> percepatan 1 sekon.....	16
Gambar 3.3 <i>Spektrum</i> respon desain.....	19
Gambar 5.1 Denah Pembalokan .....	34
Gambar 5.2 Pemodelan struktur di SAP 2000 .....	34
Gambar 5.3 Lokasi Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang.	36
Gambar 5.4 <i>Spectra</i> percepatan 0.2 sekon .....	37
Gambar 5.5 <i>Spectra</i> percepatan 1 sekon.....	37
Gambar 5.6 <i>Spectrum</i> respon desain.....	44
Gambar 5.7 Penentuan simpangan antar lantai .....	47
Gambar 6.1 Pemodelan Struktur menggunakan SAP 2000 v15.	61
Gambar 6.2 Momen Hasil Analisa kombinasi 1,2D+E+L .....	53
Gambar 6.3 Momen Hasil Analisa Kombinasi 1,2D+1,4L .....	53
Gambar 6.4 Momen Hasil Analisa kombinasi 1,4D .....	54
Gambar 6.5 Hasil Analisa Balok dengan <i>combo 1</i> (D+L).....	54
Gambar 6.6 Mengidentifikasi semua kegagalan akibat kombinasi .....	56
Gambar 6.7 Hasil identifikasi semua kegagalan .....	57
Gambar 7.1 Data <i>Pushover</i> Arah X .....	60
Gambar 7.2 Data <i>Pushover</i> Arah Y .....	60
Gambar 7.3 Data <i>Load Aplication Control Pushover</i> .....	61
Gambar 7.4 Data <i>Result Saved Step</i> .....	61
Gambar 7.5 Menentukan Sendi Plastis Balok.....	62
Gambar 7.6 Pemelihan <i>Section</i> .....	63
Gambar 7.7 <i>Hinges Property</i> .....	63
Gambar 7.8 <i>Frame Hinge Property Data</i> .....	64
Gambar 7.9 Memasukkan <i>Relative Distance</i> Balok.....	64

Gambar 7.10 Memasukkan <i>Relative Distance</i> Kolom.....	65
Gambar 7.11 Proses Analisa.....	66
Gambar 7.12 Analisa Selesai.....	66
Gambar 7.13 Kurva <i>Displacement</i> dengan <i>base Shear</i> arah X.....	67
Gambar 7.14 Kurva <i>Displacement</i> dengan <i>base Shear</i> arah Y.....	67
Gambar 7.15 Sendi Plastis Pertama Arah X.....	68
Gambar 7.16 Sendi Plastis di <i>Perormance Point</i> Arah X.....	68
Gambar 7.17 Sendi Plastis Pertama Arah Y.....	69
Gambar 7.18 Sendi Plastis di <i>Performance Point</i> Arah Y.....	69
Gambar 7.19 <i>Performance Point</i> arah X.....	72
Gambar 7.20 <i>Performance Point</i> arah Y.....	73
Gambar 7.21 <i>Center of Mass</i> bangunan.....	77
Gambar 8.1 Pemodelan Struktur menggunakan SAP 2000 v15.....	81
Gambar 8.2 Hasil <i>output</i> pemodelan SAP 2000.....	81
Gambar 8.3 Lokasi memanjang atap.....	82
Gambar 8.4 Momen hasil analisa balok memanjang atap.....	82
Gambar 8.5 Lokasi balok melintang atap.....	89
Gambar 8.6 Momen analisa balok melintang atap.....	89
Gambar 8.7 Lokasi balok memanjang lantai.....	95
Gambar 8.8 Momen hasil analisa balok memanjang lantai.....	96
Gambar 8.9 Lokasi balok melintang atap.....	102
Gambar 8.10 Momen analisa balok melintang lantai.....	102
Gambar 8.11 Lokasi balok B2 memanjang lantai.....	108
Gambar 8.12 Momen analisa balok B2 memanjang.....	109
Gambar 8.13 Lokasi balok B2 melintang.....	115
Gambar 8.14 Momen analisa balok melintang.....	115
Gambar 8.15 Lokasi balok B3 memanjang.....	121
Gambar 8.16 Momen analisa balok melintang lantai.....	122
Gambar 8.17 Lokasi balok melintang lantai.....	128
Gambar 8.18 Momen analisa balok melintang lantai.....	128
Gambar 8.19 Gaya kolom hasil pemodelan Struktur.....	135
Gambar 8.20 Gaya kolom hasil pemodelan Struktur.....	135
Gambar 8.21 Hasil <i>concrete design</i> kolom K1.....	136
Gambar 8.22 Hasil diagram iterasi PCACOL K1.....	136



Gambar 8.23 Hubungan Balok kolom K1 .....	143
Gambar 8.24 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	144
Gambar 8.25 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	144
Gambar 8.26 Hasil <i>concrete design</i> kolom K2 .....	145
Gambar 8.27 Hasil diagram iterasi PCACOL K2 .....	145
Gambar 8.28 Hubungan Balok kolom K2 .....	152
Gambar 8.29 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	153
Gambar 8.30 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	153
Gambar 8.31 Hasil <i>concrete design</i> kolom K3 .....	154
Gambar 8.32 Hasil diagram iterasi PCACOL K3 .....	154
Gambar 8.33 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	161
Gambar 8.34 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	161
Gambar 8.35 Hasil <i>concrete design</i> kolom K4 .....	162
Gambar 8.36 Hasil diagram iterasi PCACOL K4 .....	162
Gambar 8.37 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	169
Gambar 8.38 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	169
Gambar 8.39 Hasil <i>concrete design</i> kolom K5 .....	170
Gambar 8.40 Hasil diagram iterasi PCACOL K5 .....	170
Gambar 8.41 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	177
Gambar 8.42 Gaya kolom hasil pemodelan struktur .....	177
Gambar 8.43 Hasil <i>concrete design</i> kolom K6 .....	178
Gambar 8.44 Hasil diagram iterasi PCACOL K6 .....	178
Gambar 8.45 Pembebanan Tangga .....	191
Gambar 8.46 Bidang Geser Tangga .....	192
Gambar 8.47 Bidang Momen Tangga .....	193
Gambar 8.48 Detail Tulangan .....	199
Gambar 9.1 Pondasi tiang panjang tipe 1 .....	208
Gambar 9.2 Geser ponds satu arah tipe PC5 .....	212
Gambar 9.3 Analisis Poer PC 5 sebagai balok kantiliver arah X .....	214
Gambar 9.4 Analisis poer PC5 sebagai balok kantilever aray Y .....	216
Gambar 9.5 Tabel <i>joint reaction</i> pondasi tipe 2 .....	218
Gambar 9.6 Geser ponds dua arah pada pondasi tipe PC7 .....	220
Gambar 9.7 Geser ponds satu arah tipe PC7 .....	222



Gambar 9.8 Analisis Poer PC7 sebagai balok Kantilever arah X .....	224
Gambar 9.9 Analisis poer PC7 sebagai balok kantilever arah Y .....	226
Gambar 9.10 Sloof yang ditinjau .....	228
Gambar 9.11 Hasil <i>output</i> momen dan geser pada sloof .....	229
Gambar 9.12 Diagram interaksi balok sloof 40/60 .....	229

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kurva <i>force</i> dengan <i>displacement</i> .....	12
Tabel 3.1 Koefisien situs untuk $F_v$ .....	16
Tabel 3.2 Koefisien situs untuk $F_a$ .....	17
Tabel 3.3 Kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon .....	18
Tabel 3.4 Kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon .....	18
Tabel 3.5 Faktor keutamaan gempa .....	19
Tabel 4.1 Tabel beban mati .....	25
Tabel 4.2 Tabel beban hidup .....	26
Tabel 5.1 Dimensi struktur .....	33
Tabel 5.2 Dimensi bidang .....	33
Tabel 5.3 Koefisien situs, $F_a$ .....	38
Tabel 5.4 Koefisien situs, $F_v$ .....	38
Tabel 5.5 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 0,2 detik .....	39
Tabel 5.6 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 1 detik .....	40
Tabel 5.7 Kategori desain seismic .....	41
Tabel 5.8 Koefisien batas atas pada periode yang dihitung .....	42
Tabel 5.9 Nilai parameter perioda pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	43
Tabel 5.10 <i>Output</i> reaksi dasar $W_t$ SAP2000 .....	44
Tabel 5.11 <i>Output</i> reaksi dasar hasil SAP2000 .....	45
Tabel 5.12 Partisipasi ragam terdistribusi .....	46
Tabel 5.13 Kontrol kinerja batas struktur akibat beban gempa static ekuivalen arah sumbu X .....	48
Tabel 5.14 Kontrol kinerja batas struktur akibat beban gempa statik ekuivalen arah sumbu Y .....	49
Tabel 7.1 <i>pushover curve</i> sumbu X .....	70
Tabel 7.2 <i>pushover curve</i> sumbu Y .....	71
Tabel 7.3 <i>Performance</i> poin arah X .....	74
Tabel 7.4 <i>Performance</i> poin arah Y .....	75



Tabel 7.5 Target Perpindahan.....	76
Tabel 7.6 Distribusi Gaya per lantai .....	77
Tabel 8.1 Hasil distribusi Dasar per lantai.....	80
Tabel 9.1 Tabel Decourt dan Quaresma .....	204
Tabel 9.2 Borlog N-SPT titik B2.....	205
Tabel 9.3 <i>Joint Reaction</i> kolom tipe 1.....	209
Tabel 9.4 <i>Joint Reaction</i> pondasi tipe 2.....	218



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Negara Indonesia merupakan Negara yang rawan terjadi gempa tektonik dan gempa vulkanik. Gempa tektonik adalah jenis gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut bumi. Pada tahun 2004, tercatat tiga gempa besar di Indonesia yaitu di kepulauan Alor (11 Nov. skala 7.5), gempa Papua (26 Nov., skala 7.1) dan gempa Aceh (26 Des., skala 9.2) yang disertai tsunami. Gempa Aceh menjadi yang terbesar pada abad ini setelah gempa Alaska 1964 (Kerry Sieh, 2004). Kondisi itu memperkuat fakta, bahwa Indonesia merupakan daerah rawan terjadinya gempa.

Salah satu kota di Indonesia yang merupakan wilayah rawan bencana alam akibat aktifitas tektonik dan vulkanik dalam perut bumi adalah kota Malang. Malang termasuk kedalam wilayah rawan gempa seperti tercantum dalam SNI 1726 2012 yang membagi Indonesia menjadi 19 area spectrum yang berbeda dan Surabaya termasuk kedalam kategori D (*Yosafat aji pranata*). Bencana alam yang melanda Indonesia dalam beberapa tahun terakhir ini yaitu gempa bumi di Aceh, Yogyakarta dan Padang telah meruntuhkan banyak bangunan, baik bangunan berteknologi tradisional maupun modern. Gedung-gedung di daerah tersebut termasuk Malang direncanakan dengan menggunakan peraturan gempa dan beton yang lama yaitu PBI'71, SNI 03-1726-1989 dan SNI 03-2847-1992.

Kondisi di atas perlu diperhatikan, mengingat bangunan merupakan prasarana fisik utama yang penting bagi manusia, yang berfungsi memberikan tempat bagi mereka untuk tinggal dan bekerja. Ditengah meningkatnya kebutuhan manusia akan bangunan, tuntutan terhadap bangunan layak huni dan handal menjadi mutlak saat ini. Gempa menjadi faktor penting yang

perlu dipertimbangkan dalam mendisain struktur berteknologi modern sehingga diperlukan rancangan bangunan yang mempunyai daya tahan terhadap gempa bumi yang terjadi, yaitu jika bangunan terkena gempa tidak akan mengalami kehancuran struktural yang dapat merobohkan bangunan tersebut (Ir. Riyadi Sumanto).

Dalam Perencanaan bangunan pada daerah rawan gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa. Metode perencanaan bangunan tahan gempa terkini yaitu *performance baesd seismic design*. Metode ini memanfaatkan analisa non-linier berbasis computer untuk menganalisa perilaku inelastic struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah (gempa), sehingga dapat diketahui kinerja bangunan tersebut pada kondisi kritis. Metode ini mulai populer sejak diterbitkannya dokumen Vision 2000 (SEAOC, 1995) dan NEHRP (BSSC, 1995). Menurut dokumen tersebut metode ini dapat diartikan sebagai strategi dalam perencanaan, pelaksanaan dan perawatan/perkuatan suatu bangunan agar mampu berkinerja pada suatu kondisi gempa yang ditetapkan. Kriteria kinerja ini nantinya didapat dari perpotongan antara kurva kapasitas dengan kurva static nonlinier. Dari perpotongan dua kurva tersebut didapat performance point dan disitulah letak kinerja bangunan tersebut.

Nantinya dalam Tugas Akhir ini, penulis akan membahas bagaimana proses perencanaan gedung menurut SNI 2847-2013, pembebanan gempa sesuai SNI 1726-2012, dan menghitung kemampuan daktilitas struktur gedung dengan metode pushover pada gedung Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang. Pembebanan disesuaikan PPIUG 1983 dengan dan zona gempa Surabaya sesuai SNI 1726-2012.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan bangunan beton dengan metode *performance based design*



2. Bagaimana menentukan level kinerja gedung dengan metode *pushover analysis* ?
3. Apa kelebihan menggunakan analisa static non linier.

### 1.3. Tujuan

1. Mengetahui cara merencanakan bangunan beton yang tahan gempa dengan metode *performance based design*.
2. Dapat menentukan level kinerja gedung dengan *pushover analysis* dan mengetahui kinerjanya ketikan terkena gempa.
3. Mengetahui kelebihan menggunakan analisa static nonlinier. .

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

1. Tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB);
2. Tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan;
3. Perencanaan ini tidak membahas sistem utilitas gedung, perencanaan pembuangan air kotor, saluran air bersih, instalasi / jaringan listrik, finishing, dsb;
4. Menggunakan SNI 03-2847-2013 untuk persyaratan beton struktural pada bangunan gedung;
5. Menggunakan SNI 1726 2012 untuk standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung;
6. Menggunakan *PPIUG 1983* untuk beban minimum untuk perancangan bangunan beton;
7. Menggunakan ATC 40 (*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*) untuk metode *pushover analysis*;

### 1.5. Manfaat

Manfaat dari hasil evaluasi ini adalah dapat mengetahui kemampuan sesmik dari Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang menggunakan *pushover analysis* dan sesuai dengan SNI 1726-2012.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

Perancangan suatu struktur bangunan haruslah dapat memikul beban yang akan menghasilkan gaya-gaya yang bekerja nantinya. Gaya-gaya yang akan bekerja pada suatu struktur bangunan contohnya adalah beban vertikal (gravitasi), beban horizontal/beban lateral (gempa), getaran, dan sebagainya. Gaya horizontal disini diakibatkan oleh gempa bumi yang bekerja pada bangunan akibat respons bangunan dan sistem pondasinya. Muatan gempa horizontal dianggap bekerja dalam arah sumbu-sumbu utama bangunan yang pada bangunan bertingkat tinggi gaya yang lebih menonjol adalah gaya-gaya dorong yang berasal dari tiap lantai. Penyaluran gaya horizontal akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk atau “deformasi” yaitu karena terjadinya tegangan-tegangan pada seluruh bangunan terutama pada elemen-elemen pendukungnya yang akan mengakibatkan kerusakan pada struktur (Ir. Riyadi Ismanto).

### 2.2. Performance Based Design

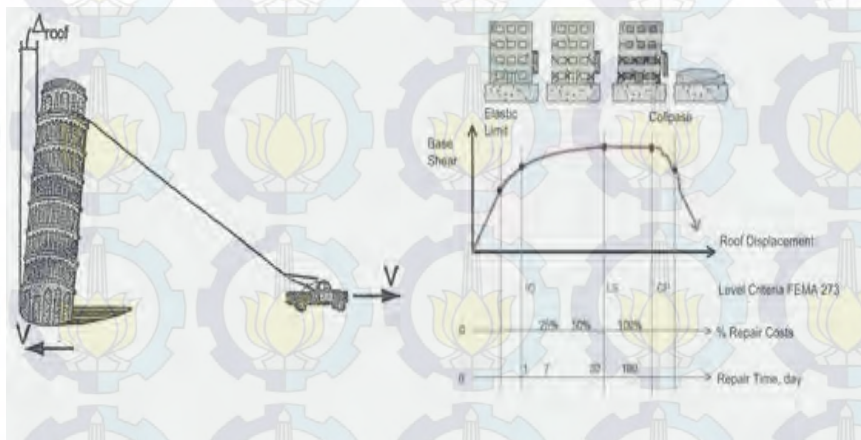
Metodelogi perencanaan yang memperkirakan berbagai tingkat kerja (*multiple performance level*) yang diharapkan dapat dipenuhi pada struktur menerima beban gempa dengan berbagai intensitas. Tingkat keamanan dilihat berdasarkan perpindahan atap oleh gaya gempa yang diberikan dan dari *spectrum demand* kemudian tingkat keamanan dikelompokkan menjadi IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), CO (*Collapse Prevention*). Tujuan utama dalam *performance based design* adalah menciptakan bangunan tahan gempa yang daya gunanya dapat diperkirakan.

Performance based design mempunyai dua elemen utama dalam perencanaannya yaitu kapasitas struktur (*capacity*) dan beban (*demand*). Beban dihasilkan oleh gerakan tanah akibat gempa bumi, dimana nantinya akan digambarkan sebagai kurva *response spectrum*. Untuk mengetahui kapasitas struktur analisis yang digunakan adalah analisa *pushover*. Dari analisa *pushover* didapatkan performance point yang merupakan perpotongan antara kurva beban dan kapasitas. *Performance point* merupakan estimasi dimana kapasitas struktur mampu menahan beban (*demand*) yang diberikan dari titik kerja (*performance point*) ini dapat diketahui tingkat kerusakan struktur berdasarkan perpindahan lateralnya.

### 2.3. Pushover Analysis

Analisis *pushover* merupakan analisis statik nonlinier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban static yang menangkap pada pusat massa masing masing lantai yang nilainya ditingkatkan secara berangsur angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan ( sendi plastis ) pertama didalam struktur bangunan gedung . kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk secara elastic yang besar sampai kondisi plastic . Tujuan dari analisis ini adalah mengevaluasi perilaku seismic struktur terhadap beban gempa rencana , yaitu memperlihatkan skema kelelehan ( distribusi sendi plastis ) .





Gambar 2.1 Grafik dan ilustrasi *pushover* (ATC 40)

Sumber : Jurnal rekayasa sipil, vol 2, no.1-2008 ISSN 1978-5658.

Dari ilustrasi diatas dapat digambarkan mengapa analisa *pushover* adalah nonlinier karena kuva masih linier pada batas elastis kemudian kekakuan struktur yang telah diberikan beban bertingkat secara bertahap mengalami penurunan kekakuan yang bisa dilihat pada grafik bahwa kurva bergerak landai kemudian semakin landai hingga akhirnya struktur runtuh .

Hasil akhir dari analisa ini berupa nilai-nilai gaya-gaya geser dasar (*baseshear*) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai-nilai tersebut akan digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas yang merupakan gambaran perilaku struktur dalam bentuk perpindahan lateral terhadap beban (*demand*) yang diberikan. Selain itu, analisis *pushover* dapat menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan, sehingga dapat dilakukan pencegahan dengan melakukan pendetailan khusus pada elemen struktur

tersebut. Untuk dapat mempermudah dalam memahami analisa *pushover* maka dibutuhkan tiga elemen penting analisa ini yaitu kurva kapasitas, *spectrum demand*, dan kinerja .

### 2.3.1. Kurva Kapasitas

Kurva kapsitas yang didapat dari analisis *pushover* menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan momen deformasi dari komponen struktur. Cara termudah untuk membuat kurva ini adalah dengan mendorong struktur dengan cara bertahap (*pushover*) dan mencatat hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan perpindahan atap akibat beban lateral yang dikerjakan dengan pola pembebanan tertentu (*Benjamin lumanarna*). Kurva kapasitas ini diubah menjadi *spectrum* kapasitas dalam format ADRS melalui persamaan berikut sesuai ATC 40 :

$$\alpha_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]} \quad (2.1)$$

$$PF_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]}{\left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]} \quad (2.2)$$

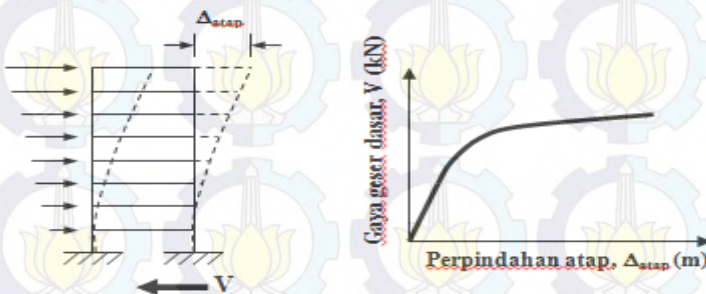
$$S_a = \frac{V / W}{\alpha_1} \quad (2.3)$$



$$S_d = \frac{\Delta_{atap}}{PF_1 \phi_{atap,1}} \quad (2.4)$$

Dimana :

- $PF_1$  = faktor partisipasi ragam (*modal participation factor*) untuk ragam ke-1
- $\alpha_1$  = koefisien massa ragam untuk ragam ke-1
- $w_i/g$  = massa lantai i
- $\phi_{i1}$  = perpindahan pada lantai i ragam ke-1
- $N$  = jumlah lantai
- $V$  = gaya geser dasar
- $W$  = berat struktur (akibat beban mati dan beban hidup tereduksi)
- $\Delta_{atap}$  = perpindahan atap (yang digunakan pada kurva kapasitas)
- $S_a$  = spektrum percepatan
- $S_d$  = spektrum perpindahan



Gambar 2.2 Grafik kurva kapasitas

Sumber : Journal Universitas Petra Surabaya, Benjamin Lumantara

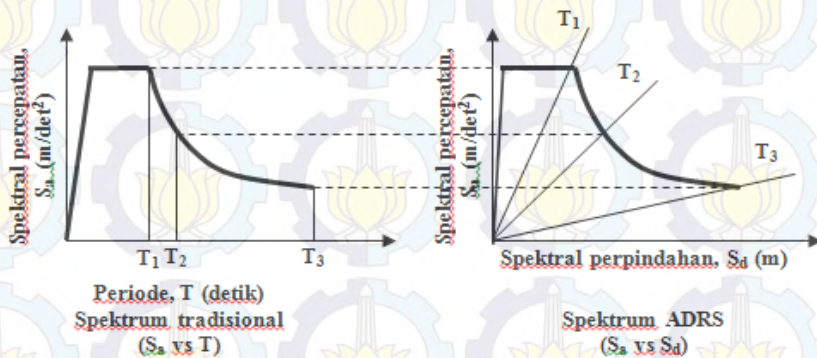
### 2.3.2. Spektrum Demand

Demand merupakan respon maksimum struktur terhadap gerakan tanah dasar akibat gempa yang terjadi sehingga mengakibatkan perpindahan lantai. *Spectrum demand* sendiri

didapatkan dari *spectrum* respon elastis yang umumnya dinyatakan dalam satuan percepatan,  $S_a$  dan periode struktur  $T$ . *Spectrum* respon ini perlu dirubah dalam bentuk ADRS agar menjadi *spectrum demand*, sehingga format  $S_a$  dan  $T$  berubah menjadi  $S_a$  dan  $S_d$  menggunakan persamaan berikut sesuai ATC 40 :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_a}} \quad (2.5)$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 S_a \quad (2.6)$$



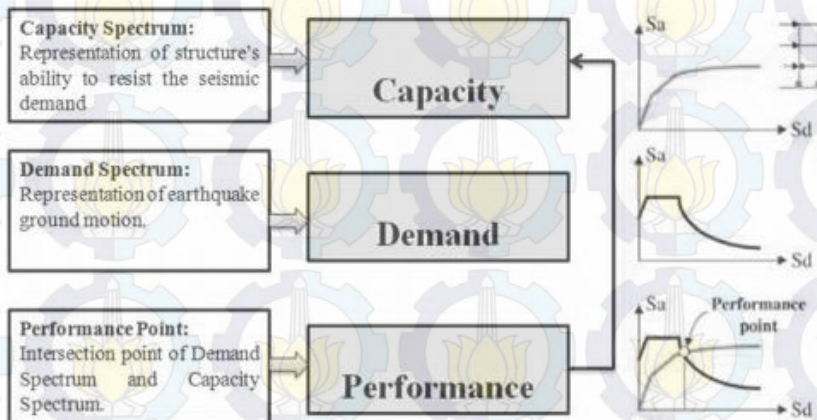
Gambar 2.3 Kurva spektrum *demand*

Sumber : Journal Universitas Petra Surabaya, Benjamin Lumantara

### 2.3.3. Kinerja (*Performance*)

Kinerja struktur dapat diketahui apabila kurva kapasitas dan *spectrum demand* telah didapat. *Spectrum demand* digabungkan kedalam kurva kapasitas yang kemudian dapat dilihat titik kinerja (*performance point*) dari struktur itu sendiri.

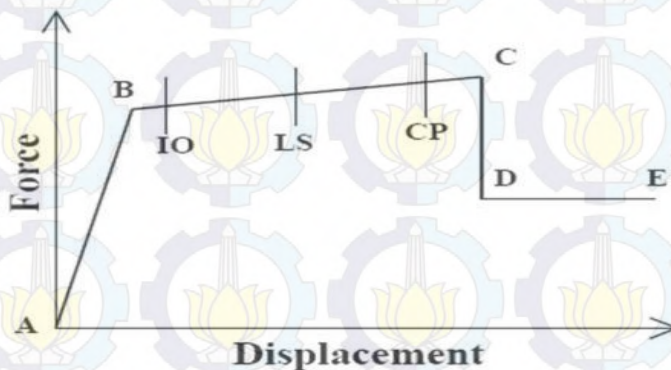




Gambar 2.4 Proses mendapatkan performance point

Sumber : Journal University of New Delhi India

Setelah titik kinerja telah diketahui maka dapat diketahui performance level suatu struktur. Menurut ATC 40 yang mengacu pada NERHRP dan Vision 2000 level kinerja dibagi berdasarkan IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), CO (*Collapse Prevention*) dimana penjelasan mengenai level kinerja masing masing bisa dilihat pada tabel dibawah ini :



Gambar 2.5 Level kinerja

Sumber : ITS JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING / Vol. 29 No. 1/ May 2009

Tabel 2.1 Kurva force dengan displacement

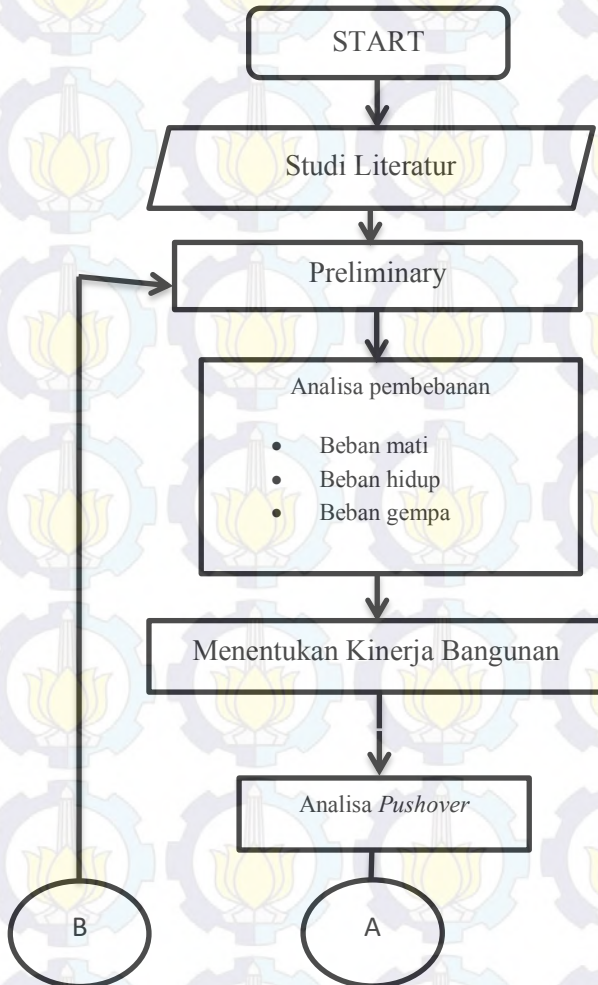
Level Kinerja		Penjelasan
NEHRP	Vision 2000	
<i>Operational</i>	<i>Fully Functional</i>	Tak ada kerusakan berarti pada struktur dan non-struktur, bangunan tetap berfungsi.
<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Operational</i>	Tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.
<i>Life Safety</i>	<i>Life Safe</i>	Terjadi kerusakan komponen struktur, kekuatan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan. Komponen non-struktur masih ada tetapi tidak berfungsi. Dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan.
<i>Collapse Prevention</i>	<i>Near Collapse</i>	Kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya berkurang banyak, hampir runtuh. Kecelakaan akibat kejatuhan material bangunan yang rusak sangat mungkin terjadi.

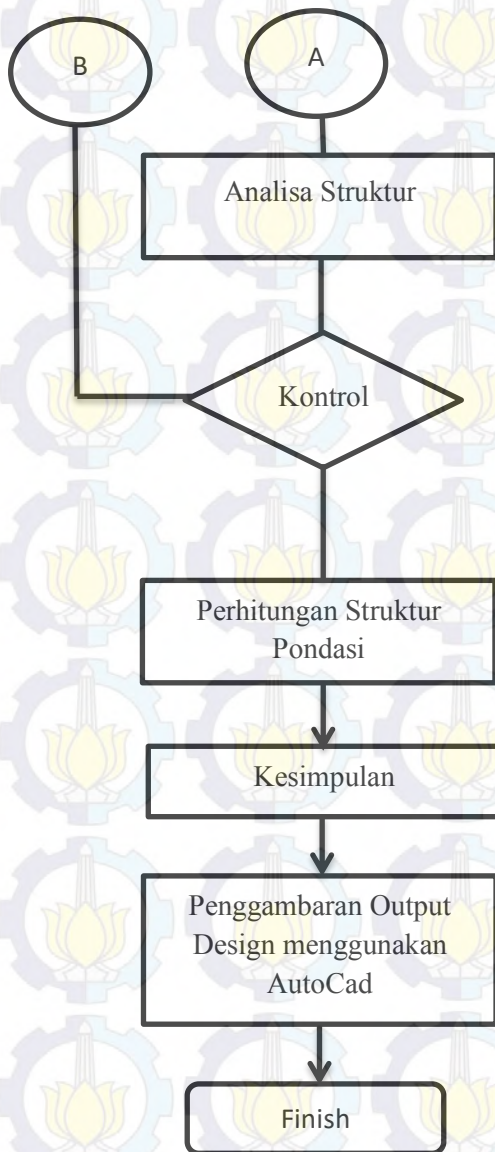
Sumber : NEHRP dan Vision2000



## BAB III METODELOGI

### 3.1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir







### 3.2. Pengumpulan Data

Data data yang diperlukan berupa :

#### 3.2.1 data umum bangunan

- nama gedung : Apartemen Taman Melati Dinoyo
- fungsi : Apartemen
- jumlah lantai : 20 lantai
- tinggi gedung : 60 meter

#### 3.2.2 data bahan

Mutu beton :  $F'_c = 50 \text{ Mpa}$  :  $D \geq 13 \text{ mm}$

Mutu tulangan :  $f_y = 400 \text{ Mpa}$  :  $D \geq 13 \text{ mm}$

### 3.3. Pemodelan Menggunakan *Software* SAP 2000

Dari data data yang telah didapatkan dari proyek maka permodelan struktur dilakukan menggunakan aplikasi SAP 2000 untuk lebih lanjutnya akan dilakukan analisa *pushover* menggunakan aplikasi *software* ini.

### 3.4. Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan disini terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban gempa dimana beban mati dan beban hidup sesuai dengan aturan PPIUG 1983 sedangkan beban gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

#### 3.4.1. Beban Horizontal

Beban horizontal dalam kasus ini adalah beban gempa memakai SNI 03-1726-2012. Dalam beban horizontal ini juga tidak diperhitungkan beban angin karena bebannya yang kecil dan tidak sebanding dengan beban gempa. Langkah langkah dalam menentukan beban gempa adalah sebagai berikut :

### 3.4.1.1 Perencanaan Gaya Horizontal

- i. Menentukan respon spectra percepatan periode 0.2 s dan 1s dengan melihat peta gempa yang ada di SNI 1726 2012



Gambar 3.1 spectra percepatan 0.2 sekon

Sumber : SNI 03-1726-2012



Gambar 3.2 spectra percepatan 1 sekon

Sumber : SNI 03-1726-2012

- ii. Mendapatkan parameter koefisien situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ) dari tabel 4 dan 5 SNI 03-1726-2012

Tabel 3.1 koefisien situs untuk  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>0</sup>				

Sumber : SNI 03-1726-2012



Tabel 3.2 koefisien situs untuk  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Sumber : SNI 03-1726-2012

- iii. Menghitung nilai spectrum respon percepatan pada periode pendek ( $S_s$ ) dan nilai spectrum respon percepatan pada periode 1 sekon ( $S_1$ ) menggunakan rumus :

$$S_s = F_a \times S_s$$

$$S_1 = F_v \times S_1$$

Dimana :

$S_s$  = Nilai respon spektra percepatan untuk periode pendek 0.2 detik di batuan dasar

$S_1$  = Nilai respon spektra percepatan untuk periode 1.0 detik di batuan dasar

$F_a$  = Koefisien periode pendek 0.2 detik

$F_v$  = Koefisien periode 1.0 detik

- iv. Menghitung parameter spectral desain menggunakan rumus :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (F_a \times S_s) \text{ dan } S_{D1} = \frac{2}{3} (F_v \times S_1)$$

- vi. Menghitung kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek dan satu sekon berdasarkan tabel 6 dan 7 SNI 03-1726-2012

Tabel 3.3 kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 3.4 kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

vi. Menghitung nilai spectrum desain (  $S_a$  )

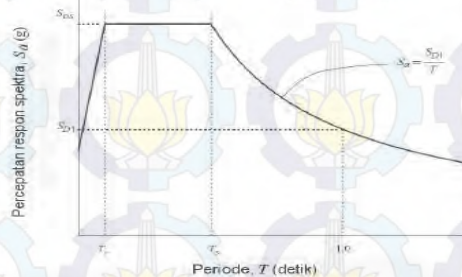
- untuk periode  $T \leq T_o$  dimana rumus  $T_o$  sendiri adalah  $T_o = 0.2x \frac{SD1}{SDS}$  menggunakan rumus :  

$$S_a = SDS(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_o})$$
- untuk periode  $T_o \leq T \leq T_s$  menggunakan rumus :  

$$S_a = SDS$$
- untuk periode  $T \geq T_s$  dimana rumus  $T_s$  sendiri adalah  $T_s = \frac{SD1}{SDS}$  maka menggunakan rumus :  $S_a = \frac{SD1}{T}$

dari data diatas maka didapat grafik spectrum respon desain seperti berikut :





Gambar 3.3 Spectrum respon desain  
Sumber : SNI 03-1726-2012

vii. Menghitung gaya dasar seismic menggunakan rumus  
 $V = C_s W$

dimana  $C_s$  ( koefisien respon seismic)  $C_s = \frac{SD_s}{R/I_e}$  dimana  
nilai  $C_s$  tidak melebihi dari  $C_s = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I_e} \right)}$

dan tidak kurang dari  $C_s = 0.044SD_s/I_e \geq 0.01$  sesuai  
dengan ketentuan SNI 03-1726-2012

keterangan :

$SD_s$  = parameter percepatan respon spectrum desain rentang  
pendek

$W$  = berat sesimik efektif

$R$  = factor modifikasi respon

$I_e$  = factor keutamaan gempa

Tabel 3.5 factor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012

## viii. Gaya gempa lateral

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

$F_x$  = Gaya gempa lateral

$C_{vx}$  = factor distribusi lateral  $C_{vx} = \frac{W_x H_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$

$V$  = gaya lateral

3.5. **Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726-2012

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5 (L atau R)
- 1,2D + 1,6 (L atau R) + (L atau 0,5 W)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0E

3.6. **Analisis Pushover**

Analisa *pushover* akan menghasilkan gaya geser dasar (base shear) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai nilai tersebut digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas nantinya yang akan dibandingkan dengan kurva spectrum design yang akan menghasilkan performance point dari perbandingan kedua grafik tersebut. Dalam hal ini saya menggunakan program bantu *software* SAP 2000 yang sudah built in *pushover* didalamnya. Berikut tahapan metode analisa *pushover* :

- Membuat model struktur 3 dimensi sesuai spesifikasi Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang
- Membuat property sendinya yaitu jika kolom tipe sendi *default* P-M-M (sendi plastis terjadi karena interaksi gaya aksial dan momen) sedangkan jika balok maka tipe sendi *default* M3 (balok efektif menahan momen dalam arah



sumbu kuat yang berarti sendi plastis terjadi pada momen searah sumbu local 3)

- Beban untuk analisa ini berupa beban joint dalam arah lateral yang diberikan pada pusat massa masing masing lantai
- Hasil dari running analisis SAP maka akan didapatkan hubungan antara gaya geser dasar dengan perpindahan (kurva kapasitas) yang nantinya dibandingkan dengan gravik spectrum demand yang telah dirubah dalam format ADRS sehingga didapatkan performance point.
- Dari performance point didapat level kinerja yang dapat dikategorikan berdasarkan aturan ATC40 yang mengacu pada Vision 2000
- Dari hasil *pushover* didapatkan *Baseshear* (V) yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan *Performance Based Design*.

### 3.7. Analisis Struktur

Analisis Struktur menggunakan peraturan SNI 2847-2013 untuk mendesain tulangan Balok dan Kolom. Analisis ini adalah lanjutan dari tahap analisis *pushover*. Dari analisis *pushover* didapatkan *performance point* yang mengandung V (baseshear) dan D (displacement). Baseshear ini digunakan sebagai gaya gempa yang nantinya didistribusikan per lantai. Baseshear lalu dikombinasikan dengan kombinasi sesuai SNI 1726-2012 lalu direncanakan penulangan sesuai dengan gaya yang ada.

### 3.8. Perhitungan Pondasi

Perencanaan pondasi disesuaikan dengan data tanah dan bor log yang ada. Perencanaan menggunakan tiang pancang yang sudah dibuat oleh salah satu jasa penyedia tiang pancang.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB IV PRELIMINARY DESIGN

### 4.1. Data Dan Bahan

Tahap pertama dalam perencanaan gedung dengan metode Sistem Pemikul Rangka Momen Khusus (SPRMK) adalah *preliminary design* yang digunakan untuk menentukan dimensi awal dari bagian bagian struktur bangunan sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pada SNI 03-2847-2013. Adapun data dan bahan perencanaan sebagai berikut :

- Nama Gedung : Apartemen Taman Melati  
Dinoyo, Malang
- Tipe Bangunan : Apartemen
- Jumlah Lantai : 20 Lantai
- Tinggi Tiap Lantai : 3 m
- Tinggi Keseluruhan : 60 Lantai
- Struktur Beton : Beton Bertulang
- Mutu Beton : 50 Mpa
- Mutu Tulangan : 400MPa

### 4.2. Pembebanan

Dengan peraturan PPIUG 1983 bangunan gedung diperhitungkan untuk memikul beban sebagai berikut :

#### 1. Beban Gravitasi

##### a. Beban Mati (*PPIUG 1983*)

- Berat sendiri beton bertulang :  $2400 \text{ kg/m}^3$  (*Tabel 4.1*)
- Adukan finishing lantai/1cm :  $21 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)
- Tegel :  $24 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)
- Dinding  $\frac{1}{2}$  bata :  $250 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)
- Plafon :  $11 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)
- Penggantung Langit-langit :  $7 \text{ kg/m}^2$  (*Table 2.1*)
- *Ducting Plumbing* :  $40 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)
- Partisi :  $40 \text{ kg/m}^2$  (*Tabel 4.1*)

- Aspal :  $14 \text{ kg/m}^2$  (Tabel 4.1)
- Air hujan :  $20 \text{ kg/m}^2$
- b. Beban Hidup (*PPIUG 1983*)
  - Lantai atap :  $100 \text{ kg/m}^2$  (Tabel 4.2)
  - Lantai Apartemen :  $250 \text{ kg/m}^2$  (Tabel 4.2)
- c. Beban Angin (*PPIUG 1983*)
  - Jauh dengan pantai :  $25 \text{ kg/m}^2$
- d. Beban Gempa
  - Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan berdasarkan *SNI 03-1726-2012*.

#### 4.3. Perencanaan Dimensi Balok

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 50 \text{ Mpa}$$

Penentuan tinggi balok minimum ( $h_{\min}$ ) dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5(a)* di mana bila persyaratan ini telah dipenuhi maka tidak perlu dilakukan kontrol terhadap lendutan

$$h_{\min} = \frac{1}{16} L$$

untuk  $f_y$  selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan

$$\left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

##### a. Balok Induk Arah Melintang :

$$L : 8000 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{8000}{16} = 500 \text{ mm}$$

$$B = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 500 = 250 \text{ mm}$$

Untuk lebih amannya asumsi dimensi balok dijadikan menjadi  $h : 700 \text{ mm}$  dan  $b : 500 \text{ mm}$



**b. Balok Induk Arah Memanjang :**

L : 8000 mm

$$h_{\min} = \frac{8000}{16} = 500 \text{ mm}$$

$$B = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 500 = 250 \text{ mm}$$

Untuk lebih amannya asumsi dimensi balok dijadikan menjadi h : 700 mm dan b : 500 mm

**4.4. Perencanaan Dimensi Pelat**

Untuk perhitungan struktur sekunder, pelat diasumsikan :

- a. Pelat Atap : 10 cm
- b. Pelat lantai : 12 cm

**4.5. Perencanaan Dimensi Kolom**

Menurut SNI 03-2847-2013 bahwa kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum sari beban terfaktor pada suatu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2 dan 3  
Beban Mati

*Tabel 4. 1. Tabel Beban Mati*

Jenis Beban	x(m)	y(m)	t(m)	Bv(kg/m <sup>3</sup> )	Bj(kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
Pelat Lantai	8	8	0.12	2400		18432
Balok Induk Memanjang	0.5	8	0.7	2400		6720
Balok Induk Melintang	0.5	8	0.7	2400		6720
Spesi	8	8			42	2688
Tegel	8	8			24	1536
Plafond	8	8			11	704
Penggantung	8	8			7	448
Sanitasi	8	8			20	1280
Plumbing	8	8			10	640
Total						39168

## Beban Hidup

Tabel 4. 2. Tabel Beban Hidup

Jenisbeban	X (m)	Y (m)	q (kg/m <sup>2</sup> )	Berat (kg)
Atap	8	8	100	6400
Lantai	8	8	250	16000

Keofisien reduksi beban hidup untuk perencanaan balok induk dan portal (PPIUG 1983) tabel 3.3 adalah sebesar 0,75. Jadi total beban untuk beban hidup sebesar

$$LL = 0,75 \times 22400 \text{ kg}$$

$$LL = 16800 \text{ kg}$$

Maka berat total (W) :

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$W = 1,2 \times 39168 + 1,6 \times 16800$$

$$W = 73881,6 \text{ kg}$$

Jadi 1 kolom mendapatkan beban sebesar :

$$W \text{ satu kolom} = 73881,6 \text{ kg}$$

Mutu beton  $f'_c = 50 \text{ Mpa} = 500 \text{ kg/cm}^2$  sehingga nilai lias minimal ( $A_{min}$ ) kolom

$$\text{Dimensi awal : } A_{min} = \frac{W}{0,35 \times f'_c} = \frac{73881,6}{0,35 \times 50} = 4221,8 \text{ cm}^2$$

Direncanakan dimensi kolom sebesar :

$$b = 120 \text{ cm}$$

$$h = 120 \text{ cm}$$

$$A = 14400 \text{ cm}^2$$

Lebih besar dari pada A minimum, maka dimensi kolom dapat digunakan.

### 4.6. Perencanaan Dimensi Pelat

Perhitungan dimensi plat dua arah berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3. bagi tebal plat sebagai berikut :

a. Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan pasal 9.5.3.2.



- b. Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2$  ketebalan minimum plat harus memenuhi :

$$h_1 = \frac{L_n \times \left[ 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk  $\alpha_m \geq 2$  ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h_2 = \frac{L_n \times \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Keterangan :

$L_n$  = Panjang bentang bersih arah memanjang panel pelat

$f_y$  = Tegangan Leleh Baja

$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

$\alpha_m$  = Nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Harga  $\alpha_m$  didapat dari :

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} > 1$$

$$I_{plat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$K = \frac{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{h} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{hf}{h} \right) + 4 \left( \frac{hf}{h} \right)^2 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) x \left( \frac{hf}{h} \right)}$$

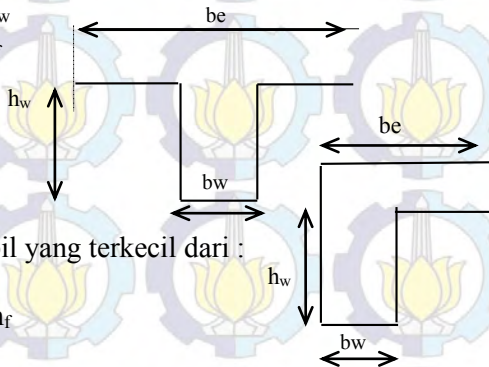
Perhitungan lebar flens berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4 sebagai berikut:

- a) Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok:

Balok Tengah :

Nilai be diambil yang terkecil dari :

- $be = b_w + 2 h_w$
- $be = b_w + 8 h_f$



Balok Tepi :

Nilai be diambil yang terkecil dari :

- $be = b_w + h_w$
- $be = b_w + 4 h_f$

- b) Dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.

Perencanaan Pelat Lantai :

- Mutu Bahan Baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Mutu Bahan Beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Tebal plat rencana : 120 cm

$$Ln = 800 - \left( \frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 750 \text{ cm}$$

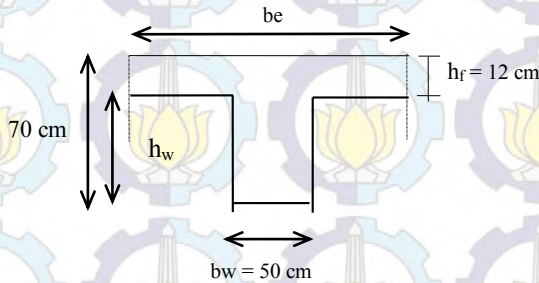
$$Sn = 500 - \left( \frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 450 \text{ cm}$$



$$\beta = \frac{Ln}{S_n} = \frac{750}{450} = 1,67 < 2 \rightarrow \text{pelat dua arah}$$

Perhitungan Nilai  $\alpha$

1. Balok Induk Atap (700x500),  $L = 800$  cm



- $b_e = b_w + 2 h_w = 50 + 2 ( 70 - 12 ) = 166$  cm
- $b_e = b_w + 8 h_f = 50 + 8 ( 12 ) = 146$  cm
- Dipakai nilai  $b_e$  yang minimum yaitu  $b_e = 146$  cm

$$K = \frac{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{h_f}{h} \right) + 4 \left( \frac{h_f}{h} \right)^2 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right)}$$

$$K = \frac{1 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{70} \right) + 4 \left( \frac{12}{70} \right)^2 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right)} = 2,8$$

$$I_{\text{balok}} = k \times b_w \times \frac{h^3}{12} \qquad I_{\text{pelat}} = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 2.8 \times 50 \times \frac{70^3}{12}$$

$$= 4.001.666,67 \text{ cm}^4$$

$$= \frac{800 + 800}{2} \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 115.200 \text{ cm}^4$$

Karena  $E_{\text{balok}} = E_{\text{c plat}}$

$$\alpha_1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{plat}}} = \frac{4.430.416,67}{115.200} = 8,638$$

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3* dimana  $\alpha_m \geq 2$  maka ketebalan plat minimum adalah :

$$h_2 = \frac{L_n \times \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$h = \frac{7500 \left( 0.8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + (9 \times 1,67)} = 119 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

Perencanaan Pelat Atap :

- Mutu Bahan Baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Mutu Bahan Beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Tebal plat rencana : 120 cm

$$L_n = 800 - \left( \frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 750 \text{ cm}$$

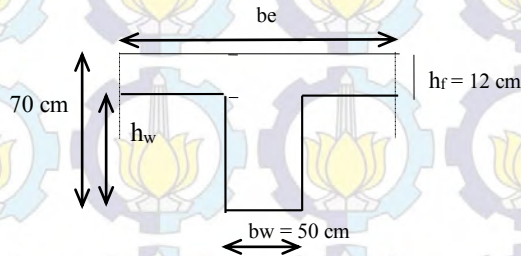
$$S_n = 500 - \left( \frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 450 \text{ cm}$$



$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{750}{450} = 1,67 < 2 \rightarrow \text{pelat dua arah}$$

Perhitungan Nilai  $\alpha$

2. Balok Induk Lantai (700x500),  $L = 800$  cm



- $b_e = b_w + 2 h_w = 50 + 2 ( 70 - 12 ) = 166$  cm
- $b_e = b_w + 8 h_f = 50 + 8 ( 12 ) = 146$  cm
- Dipakai nilai  $b_e$  yang minimum yaitu  $b_e = 146$  cm

$$K = \frac{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{h_f}{h} \right) + 4 \left( \frac{h_f}{h} \right)^2 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) x \left( \frac{h_f}{h} \right)}$$

$$K = \frac{1 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right) x \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{70} \right) + 4 \left( \frac{12}{70} \right)^2 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{146}{50} - 1 \right) x \left( \frac{12}{70} \right)} = 2,8$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= k \times b_w \times \frac{h^3}{12} \\ &= 2.8 \times 50 \times \frac{70^3}{12} \\ &= 4.001.666,67 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= b_s \times \frac{t^3}{12} \\ &= \frac{800 + 800}{2} \times \frac{12^3}{12} \\ &= 115.200 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Karena  $E_c \text{ balok} = E_c \text{ plat}$

$$\alpha_1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{4.430.416,67}{115.200} = 8,638$$

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3* dimana  $\alpha_m \geq 2$  maka ketebalan plat minimum adalah:

$$h_2 = \frac{L_n \times \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$h = \frac{7500 \left( 0.8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + (9 \times 1,67)} = 119 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$



## BAB V PEMBEBANAN

### 5.1 Data Bangunan

#### 5.1.1. Data umum bangunan

Nama Gedung : Apartemen Melati Dinoyo, Malang  
Fungsi : Apartemen  
Sistem Gedung : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus  
Jumlah Lantai : 20 Lantai  
Tinggi Total : 60 meter  
Mutu Beton : 50 Mpa (kolom)  
: 30 Mpa (balok plat lantai)  
Mutu Tulangan : 400 Mpa

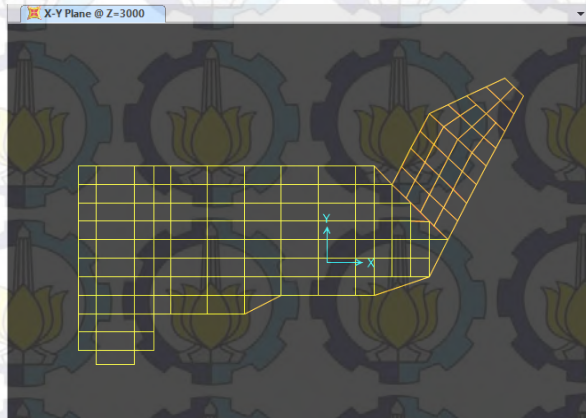
#### 5.1.2. Data dimensi balok

*Tabel 5. 1. Dimensi Struktur*

No	Tipe Balok	Dimensi
1	Balok Induk	500 x 700
2	Kolom	1200 x 1200

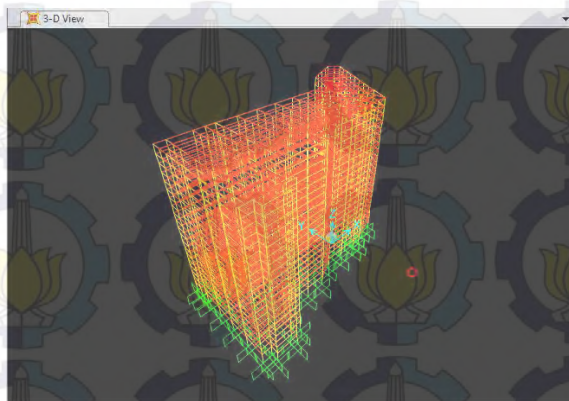
*Sumber : Dimensi Balok dan Kolom Sesuai Preliminary*

## 5.2. Denah Pembalokan



*Gambar 5. 1. Denah Pembalokan*

## 5.3. Permodelan struktur dengan SAP2000



*Gambar 5. 2. Pemodelan Struktur di SAP 2000*



## 5.4. Pembebanan

### 5.4.1. Beban gravitasi

Beban mati :	
berat sendiri beton bertulang	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
keramik	= 15 kg/m <sup>2</sup>
dinding bata ringan	= 100 kg/m <sup>2</sup>
plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>
penggantung	= 7 kg/m <sup>2</sup>
plumbing	= 10 kg/m <sup>2</sup>
adukan atau finishing / 1 cm	= 21 kg/m <sup>3</sup>
Beban hidup :	
beban hidup pada lantai	= 250 kg/m <sup>2</sup>
beban hidup pada plat tangga	= 300 kg/m <sup>3</sup>

### 5.4.2. Beban Gempa

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Dalam hal ini beban gempa rencana dikontrol sesuai peraturan gempa yaitu dengan SNI 1726 2012 yang terdiri dari gaya geser dasar ( *base shear* ), waktu getar alami fundamental ( *T* ), dan simpangan ( *drift* ).

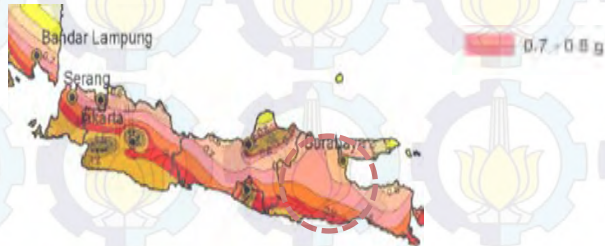


*Gambar 5.3 Lokasi Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang  
(Sumber : <http://maps.google.com>)*

#### **5.4.2.1. Menentukan nilai $S_1$ dan $S_s$**

Menentukan nilai respon spectra percepatan periode  $S_s$  (respon spectra periode 0.2 sekon) dan  $S_1$  (respon spectra periode 1 sekon) dengan melihat peta gempa yang ada di SNI 1726 2012. Dimana  $S_1$  dan  $S_s$  diambil dari sampel penelitian dengan percepatan batuan dasar akibat gempa 50 tahun.





*Gambar 5.4 Spectra percepatan 0.2 sekon*  
(Sumber : SNI 03-1726-2012)



*Gambar 5.5 Spectra percepatan 1 sekon*  
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Dilihat dari gambar diatas dimana letak gedung berada di Malang maka untuk nilai  $S_1 = 0.3$  dan untuk nilai  $S_s = 0.8$  sesuai parameter warna pada SNI 1726-2012.

#### 5.4.2.2. Mencari $F_a$ dan $F_v$ ( koefisien situs )

Sebelum menentukan nilai koefisien situs harus menentukan nilai kelas situs dimana data kelas situs berdasarkan jenis tanah lokasi gedung tersebut dan dalam kasus ini didapat kelas situs SE ( tanah lunak ). Dari Tabel 5.2 dan 5.3 sesuai SNI 1726 2012 didapat nilai  $F_a$  dan  $F_v$ .

Tabel 5.2 Koefisien situs,  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			0,8		

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Untuk kelas situs SE dan  $S_s=0.8$  didapatkan nilai dari hasil interpolasi  $\frac{1.0-0.80}{1.0-0.75} = \frac{1.2-F_a}{1.2-0.9}$  maka  $F_a=0.96$

Tabel 5.3 Koefisien situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF			2,8		

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Untuk kelas situs SE dan  $S_1=0.3$  didapatkan nilai  $F_v=2.8$

#### 5.4.2.3. Perhitungan $SM_s$ dan $SM_1$

$SM_s$  ( spectrum respon percepatan periode pendek ) dan  $SM_1$  (spectrum respon percepatan periode 1 detik )  
Spectrum respon percepatan periode pendek

$$SM_s = F_a \times S_s$$

$$SM_s = 0.96 \times 0.8$$

$$SM_s = 0.77$$



Spectrum respon percepatan periode 1 detik

$$SM_1 = F_v \times S_1$$

$$SM_1 = 2.8 \times 0.3$$

$$SM_1 = 0.84$$

#### 5.4.2.4. Perhitungan Parameter spectral desain SDs dan SD<sub>1</sub>

Perhitungan SDs :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (F_a \times S_s)$$

$$SDs = 2/3 \times 0.77$$

$$SDs = 0.51$$

Perhitungan SD<sub>1</sub>

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (F_v \times S_1)$$

$$SD_1 = 2/3 \times 0.84$$

$$SD_1 = 0.56$$

#### 5.4.2.5. Menentukan kategori desain seismic

Nilai dari SDs ( parameter respon spectrum percepatan periode 0.2 detik) mempunyai nilai 0.51 dari perhitungan sebelumnya sehingga jika melihat dari Tabel 5.4 dengan kategori II yaitu gedung perkantoran maka kategori desain seismic SDs=D  
*Tabel 5.4 kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 0.2 detik*

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Nilai dari  $SD_1$  ( parameter respon spectrum percepatan periode 1 detik) mempunyai nilai 0.56 dari perhitungan sebelumnya sehingga jika melihat dari Tabel 5.5 dengan kategori II yaitu gedung perkantoran maka kategori desain seismic  $SD_1 = D$

*Tabel 5.5 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 1 detik*

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Sehingga dari data perhitungan sebelumnya bahwa gedung Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang mempunyai sistem rangka beton pemikul momen khusus dan kategori desain seismic tergolong kategori D maka dengan melihat tabel SNI 1726 2012 didapat nilai koefisien  $R = 8$  dengan keterangan bahwa gedung MNC Tower yang mempunyai tinggi 60 meter < 72 meter memenuhi syarat untuk dibangun sesuai dengan batasan tinggi struktur di SNI 1726-2012 kategori TB ( Tidak Dibatasi ).



Tabel 5.6 Kategori desain seismik

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h/</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

**5.4.2.6. Menentukan Spektrum Respon Desain**Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$  ( $T < T_0$ )

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.56}{0.51} = 0.22 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.56}{0.51} = 0.67 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) S_a = 0.51 \left( 0.4 + 0.6 \frac{0.1}{0.22} \right) = 0.41$$

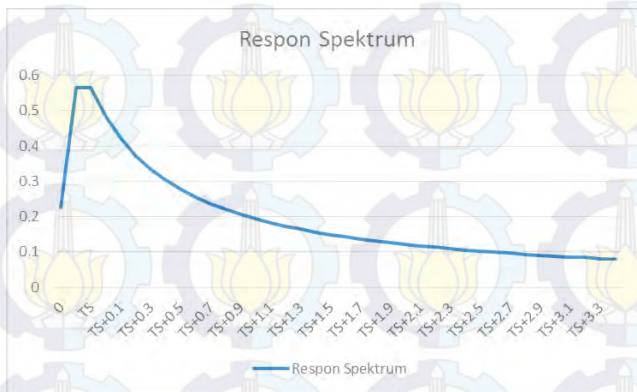
Untuk periode  $T_0 \leq T \leq T_s$ 

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0.51 \text{ detik}$$

Untuk periode  $T > T_s$ 

$$S_a = \frac{SD1}{T} = \frac{0.56}{T} = \frac{0.56}{1} = 0.56$$



Gambar 5.6 Spectrum respon desain

#### 5.4.2.7. Menentukan periode waktu getar alami fundamental

$$T_a < T < C_u T_a$$

$$T_a = C_t h n^x$$

$T_a$  = periode fundamental pendekatan

$T$  = periode fundamental dari perhitungan SAP

$C_u$  = koefisien batas pada periode yang dihitung

Tabel 5.7 koefisien batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 03-1726-2012)



*Tabel 5.8 Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$*

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0.0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0.0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488 <sup>a</sup>	0,75

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

$$T_a = 0.0466 \times 60^{0.9} = 1.86$$

Karena nilai  $SD_1$  lebih dari 0.4 maka koefisien  $C_u$  didapat 1.4 sehingga nilai  $C_u T_a = 2.604$

$T$  didapat dari SAP2000 = 2.01 detik

Maka  $T_a = 1.86 \text{ detik} \leq T \text{ program} = 2.01 \text{ detik} \leq C_u T_a = 2.604 \text{ detik}$

#### 5.4.2.8. Menentukan Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan pasal 7.8.1.1 SNI 1726 2012 nilai Koefisien respon seismic (  $C_s$  )

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_e} \right)}$$

Dengan :

$$S_{DS} = 0.51$$

$$I_e = 1$$

$$R = 8$$

Nilai R yang dipakai untuk Sistem Rangka Pemikul Momen beton bertulang

$$C_s = \frac{0.51}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$C_s = 0.064$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s = \frac{0.56}{\left(\frac{8}{1}\right) \times 2.01} = 0.035$$

Dan nilai  $C_s$  tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

$$C_s = 0.044 \times 0.51 \times 2.01 \geq 0.01$$

$$C_s = 0.045 \text{ (ok)}$$

Maka diambil nilai  $C_s$  sebesar 0.035

#### 5.4.2.9. Perhitungan Gaya Geser Dasar

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726-2012

$$V = C_s W, \text{ dimana :}$$

$$C_s = 0.035$$

Tabel 5.9 Output reaksi dasar Wt hasil SAP2000

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	CaseType	GlobalFZ
Text	Text	Kgf
Wt	Combination	15687460.28

(Sumber : SAP2000)



Dimana Kombinasi Wt : DEAD (Beban Mati) (1)  
 : LIVE (Beban Hidup) (0.5)  
 : D++ (Super DEAD) (1)

$$V = 0.035 \times 15687460.28 = 549061.1 \text{ kg}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85V/V_t$  (SNI 03-1726-2012). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut :

*Tabel 5.10 Output reaksi dasar hasil SAP2000*

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>StepType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
RSx	LinRespSpec	Max	516735.78	167841.48
Rsy	LinRespSpec	Max	176766.52	483409.92

(Sumber : SAP2000)

$$V = 0.85 \times 549061.11 = 466701.94 \text{ kg}$$

$$V_{x_t} > 0,85V$$

$$516735.8 \text{ kg} > 466701.94 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Maka untuk arah y,

$$V_{y_t} > 0,85V$$

$$483409.92 \text{ kg} > 466701.94 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

hasil dari analisa ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

### 5.5. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Ps. 7.9.1 jumlah ragam vibrasi/mode shape yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa (*Modal participating Mass Ratios*) dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang – kurangnya 90 %.

Tabel 5.11 Partisipasi ragam terdistribusi

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.014772	0.07402	0.59
MODAL	Mode	2	1.947575	0.72	0.66
MODAL	Mode	3	1.700072	0.72	0.71
MODAL	Mode	4	0.560522	0.73	0.82
MODAL	Mode	5	0.540178	0.84	0.83
MODAL	Mode	6	0.471278	0.84	0.84
MODAL	Mode	7	0.254807	0.85	0.88
MODAL	Mode	8	0.247386	0.89	0.89
MODAL	Mode	9	0.215181	0.89	0.89
MODAL	Mode	10	0.191671	0.89	0.89
MODAL	Mode	11	0.142762	0.9	0.91
MODAL	Mode	12	0.140001	0.9	0.92
MODAL	Mode	13	0.138039	0.92	0.92
MODAL	Mode	14	0.123865	0.92	0.92
MODAL	Mode	15	0.092476	0.93	0.94
MODAL	Mode	16	0.088749	0.94	0.94
MODAL	Mode	17	0.064606	0.95	0.95
MODAL	Mode	18	0.060443	0.96	0.96
MODAL	Mode	19	0.034445	0.96	0.99
MODAL	Mode	20	0.031605	0.99	0.99

(Sumber : SAP2000)



Dari Tabel 5.11 didapatkan bahwa dalam penjumlahan respons ragam menghasilkan respons total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. Dengan demikian ketentuan menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

### 5.6. Kontrol Drift

Untuk kontrol drift pada RSNI 03-1726-2012, dirumuskan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I}$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi 5.5  
(RSNI 03-1726-2012 Tabel 9)

$I$  = faktor keutamaan gedung (1)  
(RSNI 03-1726-2012 Pasal 2)

Untuk struktur beton bertulang simpangan antar lantai ijin dibatasi sebesar:

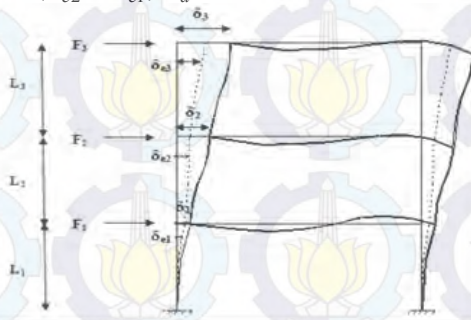
$$\Delta_a = 0,020h_{sx}$$

perhitungan simpangan lantai 1:

$$\Delta_1 = \delta_{e1} C_d / I$$

perhitungan simpangan lantai 2-keatas :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I$$



Gambar 5.7 Penentuan Simpangan Antar Lantai  
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

*Tabel 5.12 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa  
Statik Ekuivalen Arah Sumbu X*

Arah X					
Lantai	h <sub>x</sub>	$\delta x_e$ (mm)	$\Delta$ (m)	$\Delta a$ (m)	Keterangan
1	3	0.34	0.000234	0.06	ok
2	6	1.2	0.000591	0.06	ok
3	9	2.52	0.000908	0.06	ok
4	12	4.12	0.0011	0.06	ok
5	15	5.92	0.001238	0.06	ok
6	18	7.86	0.001334	0.06	ok
7	21	9.87	0.001382	0.06	ok
8	24	11.9	0.001396	0.06	ok
9	27	13.93	0.001396	0.06	ok
10	30	15.91	0.001361	0.06	ok
11	33	17.84	0.001327	0.06	ok
12	36	19.7	0.001279	0.06	ok
13	39	21.5	0.001238	0.06	ok
14	42	23.15	0.001134	0.06	ok
15	45	24.7	0.001066	0.06	ok
16	48	26.2	0.001031	0.06	ok
17	51	27.61	0.000969	0.06	ok
18	54	28.92	0.000901	0.06	ok
19	57	30.15	0.000846	0.06	ok
20	60	31.336	0.000815	0.06	ok



*Tabel 5.13 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa  
Statik Ekuivalen Arah Sumbu Y*

Arah Y					
Lantai	h <sub>x</sub>	$\delta x_e$ (mm)	$\Delta$ (m)	$\Delta a$ (m)	Keterangan
1	3	0.15	0.000103	0.06	ok
2	6	0.56	0.000282	0.06	ok
3	9	1.15	0.000406	0.06	ok
4	12	1.87	0.000495	0.06	ok
5	15	2.69	0.000564	0.06	ok
6	18	3.57	0.000605	0.06	ok
7	21	4.48	0.000626	0.06	ok
8	24	5.4	0.000633	0.06	ok
9	27	6.32	0.000633	0.06	ok
10	30	7.23	0.000626	0.06	ok
11	33	8.1	0.000598	0.06	ok
12	36	8.95	0.000584	0.06	ok
13	39	9.76	0.000557	0.06	ok
14	42	10.54	0.000536	0.06	ok
15	45	11.27	0.000502	0.06	ok
16	48	11.96	0.000474	0.06	ok
17	51	12.61	0.000447	0.06	ok
18	54	13.22	0.000419	0.06	ok
19	57	13.8	0.000399	0.06	ok
20	60	14.3	0.000344	0.06	ok

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB VI ANALISIS STRUKTUR**

**(Menggunakan Program Bantu SAP 2000 v15)**

### **6.1. Input Data Struktur Bangunan**

#### **6.1.1. Data dan Bahan**

Mendefinisikan data-data yang telah ditetapkan yaitu :

- Mutu Beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
  - Mutu Tulangan ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - Dimensi :
    - Balok Induk Memanjang : 500mm x 700mm
    - Balok Induk Melintang : 500mm x 700mm
    - Pelat Atap : 160 mm
    - Pelat Lantai : 180 mm
- Analisa Struktur menggunakan Analisa 3D

#### **6.1.2. Pembebanan**

➤ **Beban Gravitasi**

Beban Mati (beban sendiri tidak dimasukan karena sudah diperhitungkan sendiri)

- Beban Mati Atap : 83 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Mati Lantai : 114 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup

- Beban Hidup Atap : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai : 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban Gempa

Menggunakan Respon Spektrum yang sudah dihitung pada bab sebelumnya :

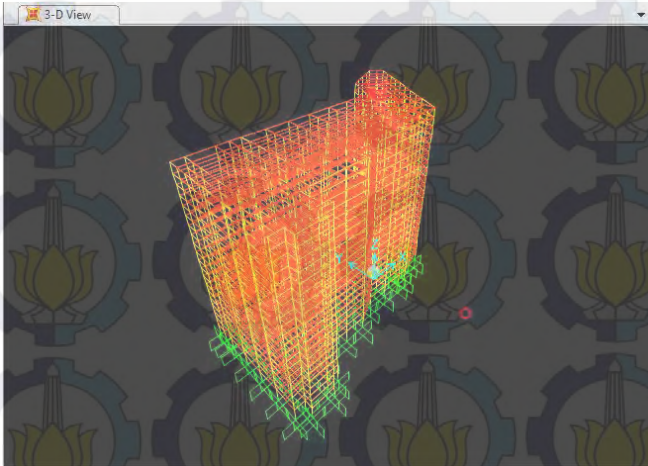
$$V = C_s W$$

$$V = 549061.1 \text{ kg}$$

### 6.1.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk komponen elemen struktur menggunakan metoda ultimit sesuai dengan SNI 1726 2012 Pasal 4.2.2

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0 W
- 0,9D + 1,0E

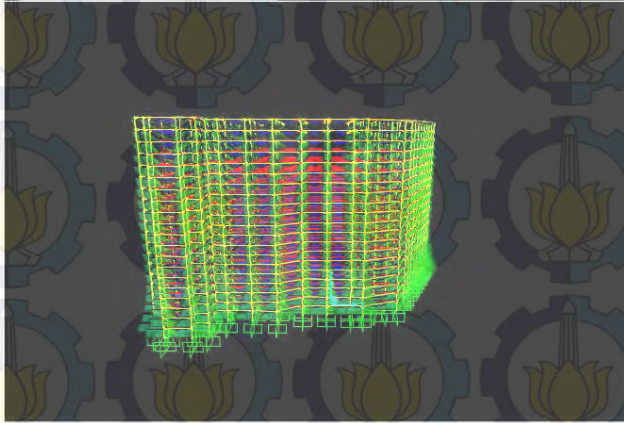


Gambar 6. 1.Pemodelan Struktur menggunakan SAP2000 v15

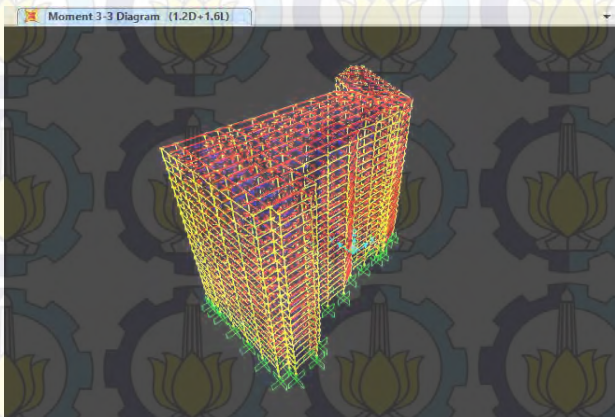


## 6.2. Output SAP2000 V 15

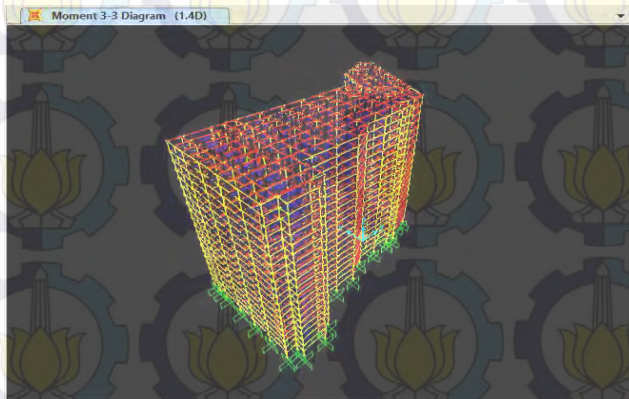
Salah satu hasil momen dari analisa SAP2000 V15 untuk kombinasi 1,2D + 1E + L



Gambar 6. 2.Momen Hasil Analisa Kombinasi 1,2D+1E+L



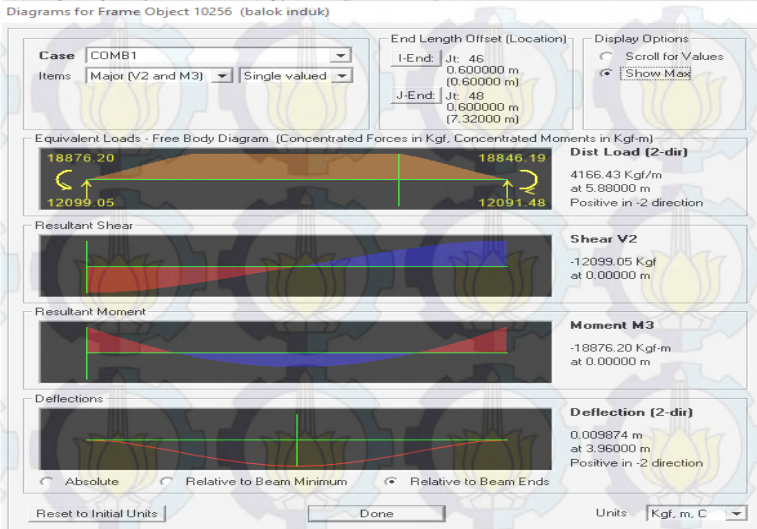
Gambar 6. 3. Momen Hasil Analisa Kombinsai 1,2D+1,4L



Gambar 6. 4. Momen Hasil Analisa Kombinasi 1,4D

### 6.3. Pengecekan Kebenaran Analisa Struktur

Cek salah satu balok dengan kombinasi D+L lalu lihat bidang momennya, disini kita ambil salah satu balok induk memanjang



Gambar 6. 5. Hasil Analisa Balok dengan combo1(D+L)



Dari hasil diatas didapatkan :

$$MA = 18876,20 \text{ kg.m}$$

$$MC = 10216.31 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen total} = 29092,51 \text{ kg.m}$$

$$\text{Dimensi Balok } 500\text{mm} \times 700\text{mm}$$

$$Lx : 4,5 \text{ m}$$

$$Ly : 7,5 \text{ m}$$

- Berat sendiri pelat :  $W_c \times h \text{ pelat lantai} = 432 \text{ kg/m}^2$
- Beban Total Lantai :  $q_{\text{lantai}} + q_{\text{plat}} = 364 \text{ kg/m}^2$
- Bebn Sendiri Balok:  $W_c \times h \times b = 840 \text{ kg/m}^2$

$$q_{eqv} = \frac{1}{2} q \times L \times \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \times 2 = 3152,16 \text{ kg/m}$$

$$q_{eqv} + q_{balok} = 4044,21 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen yang terjadi } M2 &= 1/8 \times q \times Ly^2 \\ &= 28069.875 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari perbandingan perhitungan momen oleh program bantu SAP 2000 V15 dengan cara manual didapatkan :

$$\frac{29092,51 - 28069.875}{29092,51} \times 100\% = 3,51\%$$

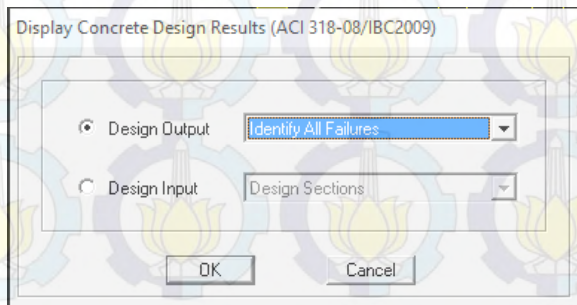
Maka hasil dari perhitungan dengan menggunakan SAP2000 V15 bisa dikatakan benar dan dapat dipakai untuk perencanaan selanjutnya.

#### 6.4. Pengecekan Struktur Terhadap Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk komponen elemen struktur menggunakan metoda ultimit sesuai dengan SNI 1726 2012 Pasal 4.2.2 .Elemen Struktur harus mampu menahan setiap kombinasi pembebanana yang ada.

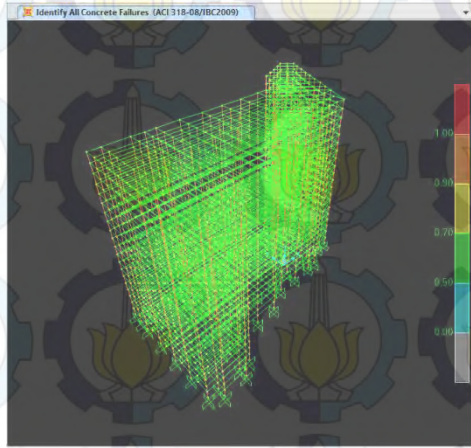
- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0 W
- 0,9D + 1,0E

Dari hasil analisa menggunakan program bantu SAP 2000 V15 didapatkan hasil seperti dibawah dengan cara mengidentifikasi semua kegagalan yang terjadi.



Gambar 6. 6.Mengidentifikasi semua kegagalan akibat kombinasi.





*Gambar 6. 7. Hasil identifikasi semua kegagalan.*

Dari hasil diatas z dapat disimpulkan bahwa struktur dapat menahan kombinasi dengan baik.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB VII PERFORMANCE BASED DESIGN

### 7.1. Analisa Pushover

Analisa beban dorong *pushover* dilakukan dengan menentukan titik control pada puncak atap. Struktur kemudian didorong dengan beban gempa secara bertahap sampai bangunan mencapai kinerja dan terjadi keruntuhan bangunan. Tujuan analisa *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis.

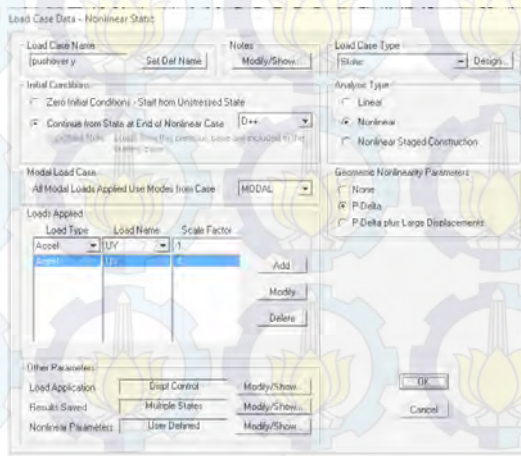
Pada bab sebelumnya telah dilakukan analisa pembebanan dimana beban mati, beban hidup dan gempa dianalisa secara linier. Dari hasil analisa menggunakan SAP2000 didapatkan untuk check struktur berada dalam kondisi aman dimana tidak terjadi gagal geser maupun lendutan berlebihan dengan parameter warna di SAP2000 yang menunjukkan warna orange untuk kolom dan warna hijau untuk balok dimana parameter warna tersebut tidak boleh berwarna merah karena pertanda terjadi kegagalan geser maupun lendutan. Kemudian beban gempa diberikan secara respon spectrum sedangkan beban hidup dan mati dijalankan dengan static nonlinier. Running kedua ini menghasilkan perilaku struktur sampai keadaan inelastic. Hasil akhir berupa nilai-nilai gaya geser dasar (base shear) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai-nilai tersebut digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas yang merupakan gambaran perilaku struktur dalam bentuk perpindahan lateral terhadap beban yang diberikan. Selain itu analisis *pushover* dapat menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan.

## 7.2. Tahapan Analisa *Pushover*

### 7.2.1. Tahapan analisa *pushover* menggunakan program bantu SAP2000 sebagai berikut:

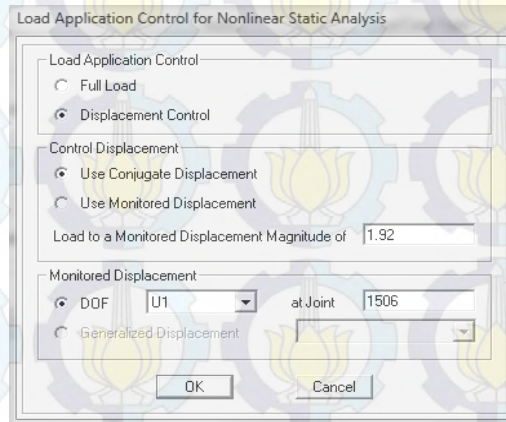


Gambar 7. 1. Data Pushover Arah X.



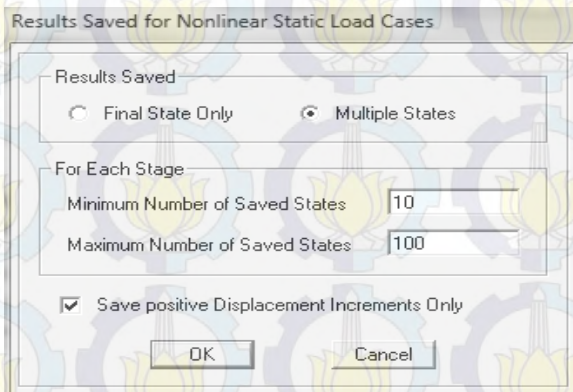
Gambar 7. 2. Data Pushover Arah Y.





*Gambar 7. 3. Data Load Application Control Pushover.*

Menentukan minimum dan maximum saved steps , semakin banyak saved steps dan minimum steps yang diberikan semakin detail kurva yang dihasilkan namun running akan berjalan semakin lama dengan control saved step yang semakin banyak.



*Gambar 7. 4.Data Result Saved Step.*

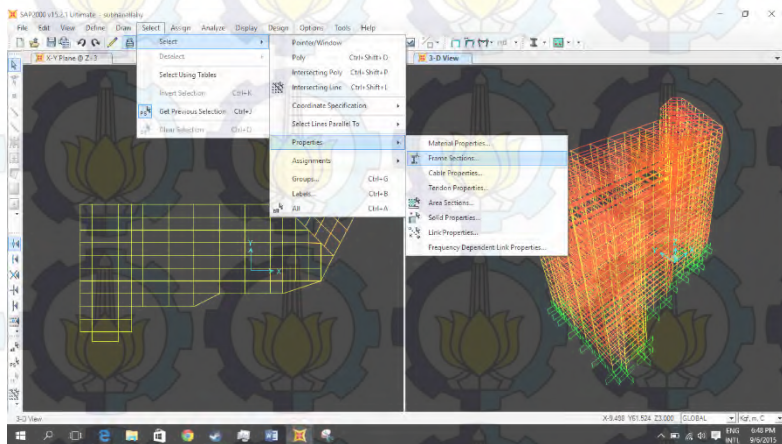
### 7.2.2. Menentukan sendi plastis

- Sendi plastis pada balok

Tipe hinges property yang digunakan untuk balok adalah momen M3 dan Geser V2 yang berarti sendi plastis terjadi hanya karena momen searah sumbu local 3 dan Geser searah sumbu local 2. Assign balok agar dapat terjadi sendi plastis disepanjang balok dari awal titik balok (0.05) sampai dengan akhir bentang balok (0.95). Maka relative distance diisikan 0.05 dan 0.95. Lakukan assign dengan cara Select balok (select properties-frame section) lalu assign balok menjadi sendi plastis dengan cara assign-frame-hinges.

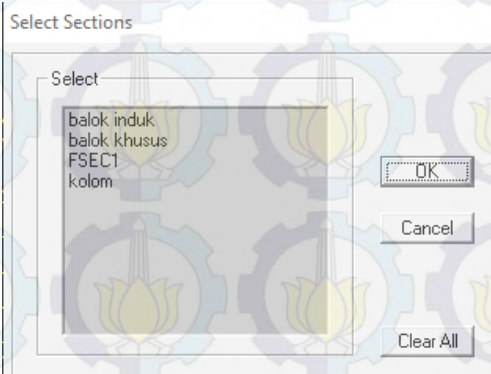
- Sendi plastis pada kolom

Setelah pada balok maka dilanjutkan pada kolom dengan tipe hinge properties pada kolom yaitu P-M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub> yang artinya sendi plastis terjadi karena inssteraksi antara gaya aksial dan momen. Assign kolom agar dapat terjadi sendi plastis disepanjang kolom dari awal titik kolom (0.05) sampai dengan akhir bentang kolom (0.95). Maka relative distance diisikan 0.05 dan 0.95. Lakukan assign dengan cara Select kolom (select properties-frame section) lalu assign kolom menjadi sendi plastis dengan cara assign-frame-hinges.

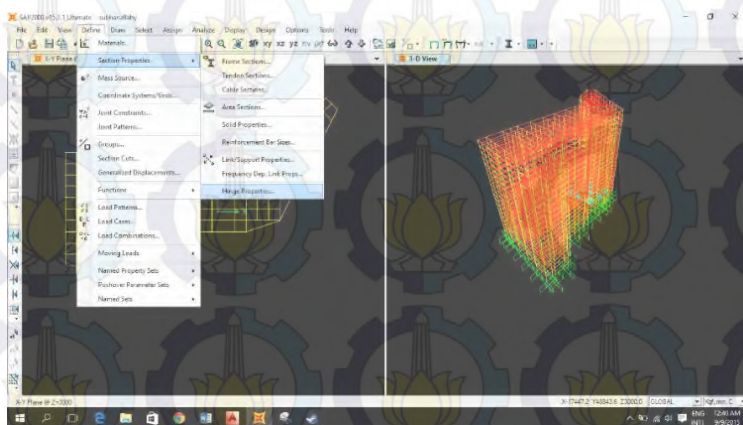


Gambar 7. 5. Menentukan Sendi Plastis Balok.

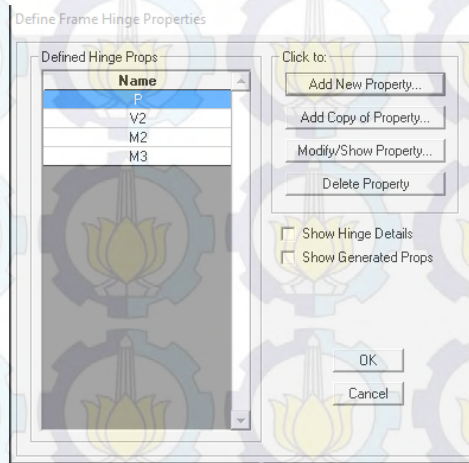




*Gambar 7. 6. Pemilihan Section.*

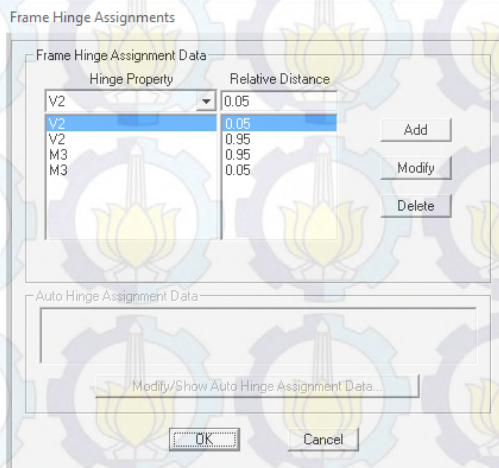


*Gambar 7. 7. Hinges Property*



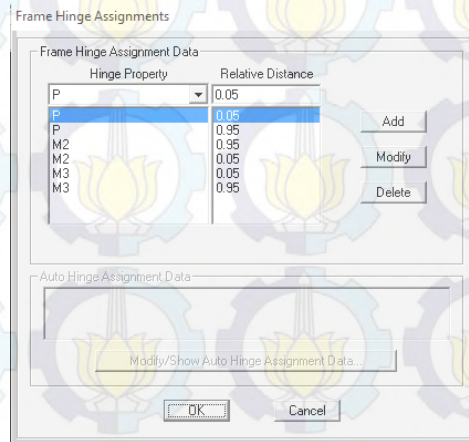
*Gambar 7. 8.Frame Hinge Property Data*

Isikan *frame hinge property data* sesuai dengan gaya, seperti Gambar 7.9 diberi nama P lalu dipilih gaya aksial, lakukan hal yang sama dengan V2 (geser sumbu 2), M2 (momen sumbu 2), M3 (momen sumbu 3)



*Gambar 7. 9.Memasukan Relative Distance Balok.*



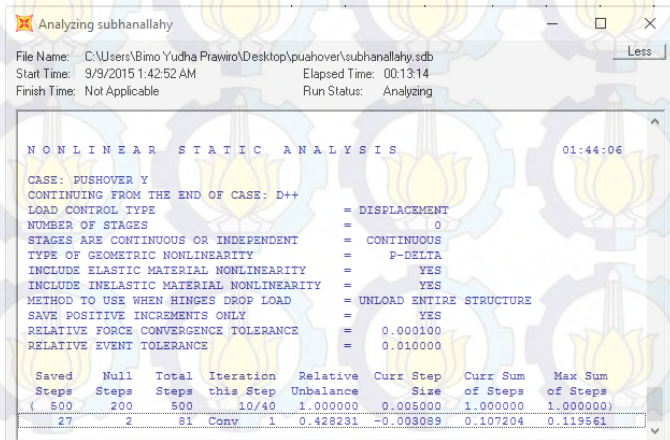


Gambar 7. 10. Memasukan Relative Distance Kolom

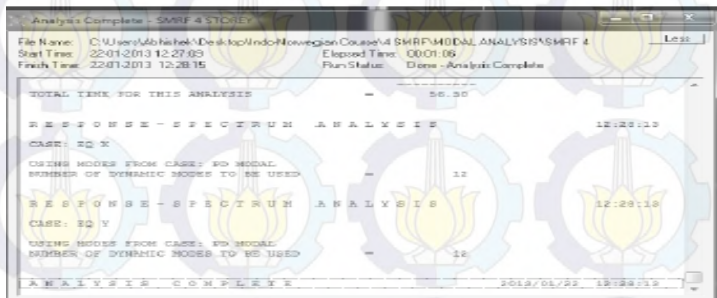
Pada penjelasan diatas telah dijelaskan tahapan-tahapan untuk proses analisis *pushover* pada SAP2000 untuk arah X gedung , namun kita harus mencari arah Y gedung untuk mengetahui dominan arah pembebanan yang kritis untuk menganalisa gedung MNC Tower. Langkah-langkah dalam *pushover* analysis arah Y hampi sama dengan arah X yang membedakan hanya ditinjau displacement yang mengacu pada U2 bukan U1 dimana U2 adalah displacement arah Y yang ditinjau sedangkan U1 adalah arah X.

### 7.2.3. Running analisis dengan SAP2000.

Saat SAP2000 menganalisa struktur maka akan muncul monitor analisis seperti gambar 7.10. dibawah , setelah analisa selesai maka muncul gambar 7.11.



Gambar 7.11. Proses Analisa

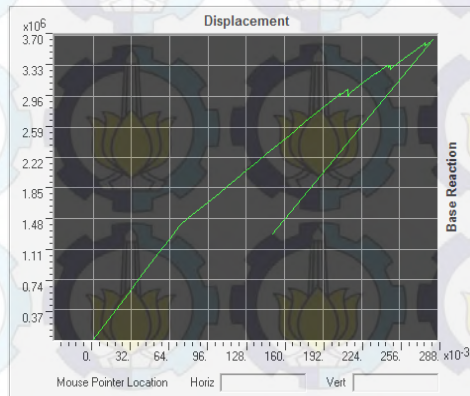


Gambar 7.12. Proses Analisa Selesai

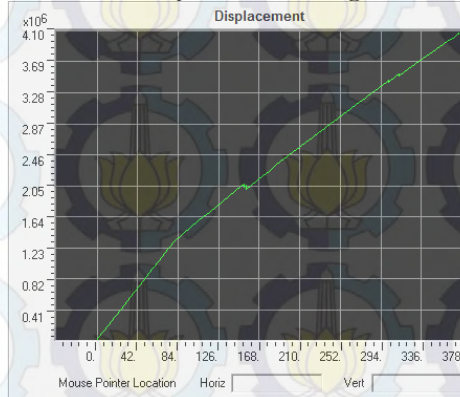
### 7.3. Analisis Kurva Pushover (Gaya Geser Dasar – Perpindahan Titik Kontrol)

Dari analisis statik nonlinier *pushover* menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan titik kontrol. Pada gambar dibawah ini disajikan kurva gaya geser dan perpindahan titik control dari arah X maupun arah Y.



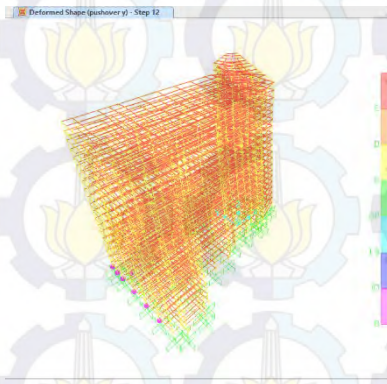


Gambar 7. 13. Kurva Displacement dengan Base shear arah X

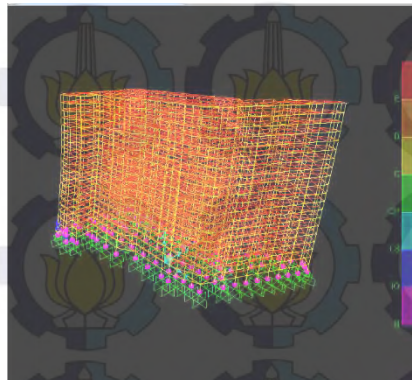


Gambar 7. 14. Kurva Displacement dengan Base Shear Arah Y

Dari hasil kurva kedua arah gedung itu dari X maupun Y bisa kita lihat lebih jelas hubungan displacement dengan base reaction dari arah X maupun Y gedung dengan tabel 7.1 dan 7.2 dibawah ini.

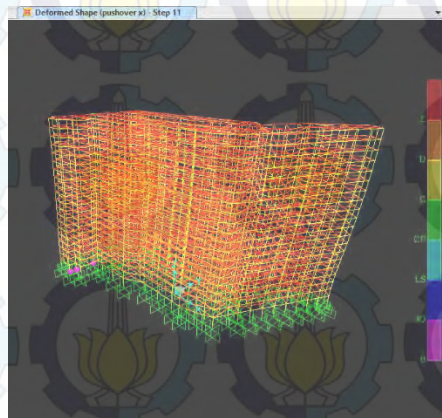


*Gambar 7. 15.Sendi Plastis Pertama Arah X.*

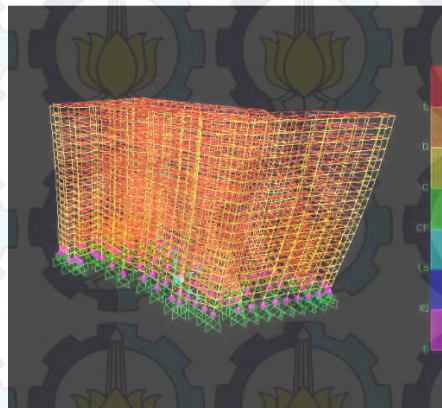


*Gambar 7. 16.Sendi Plastis di Performance Point Arah X.*





*Gambar 7. 17.Sendi Plastis Pertama Arah Y*



*Gambar 7. 18.Sendi Plastis di Performance Point Arah Y*

Tabel 7. 1. Displacement vs Base Shear Arah X

TABLE: Pushover Curve - pushover x		
Step	Displacement	BaseForce
	mm	Kgf
0	-0.370386	0
1	6.129614	124754.56
2	12.629614	249508.91
3	19.129614	374263.05
4	25.629614	499016.99
5	32.129614	623770.71
6	38.629614	748524.23
7	45.129614	873277.53
8	51.629614	998031.53
9	58.129614	1122783.52
10	64.629614	1247537.31
11	69.851081	1347750.19
12	72.597062	1397851.77
13	79.097062	1475558.71
14	85.597062	1553265.61
15	92.097062	1630970.25
16	98.597062	1708677.06
17	105.097062	1786383.83
18	111.597062	1864088.23
19	118.097062	1941794.91
20	124.597062	2019501.54
21	131.097062	2097205.41
22	137.597062	2174911.96
23	144.097062	2252618.46
24	150.597062	2330321.79
25	157.097062	2408028.2
26	163.597062	2485734.57
27	170.097062	2563437.37
28	176.597062	2641143.64
29	183.097062	2718847.31
30	189.597062	2796553.49

31	196.097062	2874199.9
32	202.597062	2951782.47
33	206.055484	2993052.53
34	206.068484	2962310.91
35	207.354296	2985534.99
36	212.745213	3049182.92
37	212.758213	2965647.18
38	215.095485	3007327.2
39	221.595485	3080894.46
40	228.095485	3154437.3
41	234.595485	3227975.53
42	236.640388	3251086.52
43	236.653388	3230392.42
44	243.667099	3311314.6
45	246.283495	3340527.99
46	246.296495	3312213.66
47	247.081478	3325392.2
48	248.552313	3341542.29
49	248.564828	3290653.55
50	249.745521	3310141.56
51	256.815252	3385413.66
52	265.082063	3473428.37
53	275.203114	3581183.35
54	277.542193	3606087.33
55	277.554788	3579563.7
56	281.79989	3624637.87
57	281.81289	3621470.03
58	284.142565	3646183.57
59	149.429748	1282406.58

Sumber : SAP2000



Tabel 7. 2.Displacement vs Base Force Arah Y

TABLE: Pushover Curve - pushover y		
Step	Displacement mm	BaseForce Kgf
0	-1.058777	0
1	5.441223	105876.53
2	11.941223	211753.11
3	18.441223	317629.74
4	24.941223	423505.57
5	31.441223	529383.17
6	37.941223	635259.05
7	44.441223	741134.95
8	50.941223	847010.88
9	57.441223	952890.67
10	63.941223	1058766.66
11	70.441223	1164642.67
12	74.048755	1223404.38
13	80.88144	1322284.09
14	87.926304	1406029.97
15	96.717749	1498583.63
16	103.217749	1566131.96
17	109.717749	1633680.31
18	116.217749	1701228.7
19	122.717749	1768782.93
20	129.217749	1836331.39
21	135.717749	1903879.89
22	142.217749	1971428.41
23	148.717749	2038665.68
24	152.074624	2073327.43
25	152.087624	2023522.55
26	154.370914	2056857.39
27	154.383914	2006414.48
28	164.77204	2119128.16
29	171.27204	2181824.99
30	177.77204	2244521.79

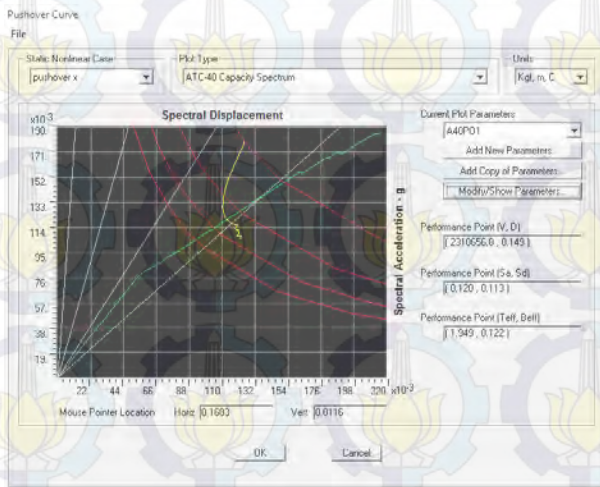
31	184.27204	2307218.56
32	190.77204	2369915.3
33	197.27204	2432612
34	203.77204	2495290.35
35	210.27204	2557987
36	216.77204	2620683.61
37	223.27204	2683380.2
38	229.77204	2746076.74
39	236.27204	2808766.22
40	242.77204	2871455.66
41	249.27204	2934145.07
42	255.77204	2996825.43
43	262.27204	3059510.12
44	268.77204	3122194.79
45	278.548051	3216365.67
46	285.048051	3278959.37
47	291.548051	3341531.66
48	299.70488	3419948.96
49	302.381253	3445637.62
50	302.394253	3421705.64
51	308.894253	3483459.12
52	313.121912	3523600.7
53	313.134912	3503092.93
54	326.030722	3624960.23
55	333.75133	3696967.92
56	340.707839	3761203.63
57	347.869358	3826393.61
58	355.36953	3893762.61
59	362.79429	3959275.46
60	369.905317	4021149.04

Sumber : SAP2000

Dari data tabel diatas dapat dilihat bahwa arah Y mempunyai displacement yang lebih besar dengan besaran baseforce yang hampir sama antara arah X maupun arah Y , sehingga pemilihan performance building berdasarkan arah Y bangunan.

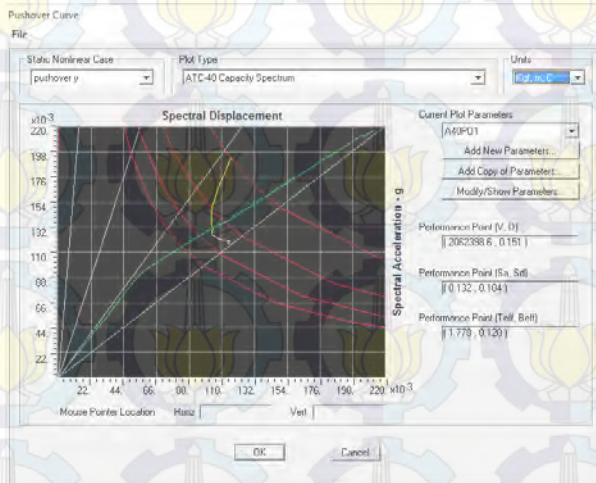
#### 7.4. Target Perpindahan

Target perpindahan atau titik kinerja bangunan (*performance point*) didapat dengan metode spectrum kapasitas yang telah terdapat di dalam program SAP 2000. Untuk mendapatkan titik kinerja bangunan, diperlukan input berupa parameter gempa  $C_a$  dan  $C_v$  yang didapat dari respon spectrum desain berdasarkan SNI 03-176-2012, yaitu  $C_a = 0.3$  dan  $C_v = 0.6$ . kemudian, dari titik kinerja yang diperoleh, kinerja bangunan dievaluasi terhadap kerusakan-kerusakan yang akan terjadi agar pemilik bangunan mengetahui kondisi bangunan saat terjadi gempa di wilayah tersebut. Level kinerja bangunan terhadap gempa mengacu pada IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*). C



Gambar 7. 19. Performance Point Arah X





*Gambar 7. 20. Performance Point Arah Y*

Tabel 7. 3. Performance point arah X

Step	Displacement mm	BaseForce Kgf	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.370386	0	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
1	6.129614	124754.56	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
2	12.629614	249508.91	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
3	19.129614	374263.05	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
4	25.629614	499016.99	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
5	32.129614	623770.71	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
6	38.629614	748524.23	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
7	45.129614	873277.53	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
8	51.629614	998031.53	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
9	58.129614	1122783.52	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
10	64.629614	1247537.31	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
11	69.851081	1347750.19	29357	3	0	0	0	0	0	0	29360
12	72.597062	1397851.77	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
13	79.097062	1475558.71	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
14	85.597062	1553265.61	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
15	92.097062	1630970.25	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
16	98.597062	1708677.06	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
17	105.097062	1786383.83	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
18	111.597062	1864088.23	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
19	118.097062	1941794.91	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
20	124.597062	2019501.54	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
21	131.097062	2097205.41	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
22	137.597062	2174911.96	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
23	144.097062	2252618.46	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
24	150.597062	2330321.79	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
25	157.097062	2408028.2	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
26	163.597062	2485734.57	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
27	170.097062	2563437.37	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
28	176.597062	2641143.64	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
29	183.097062	2718847.31	29256	0	104	0	0	0	0	0	29360
30	189.597062	2796553.49	29254	2	104	0	0	0	0	0	29360
31	196.097062	2874199.9	29250	4	106	0	0	0	0	0	29360
32	202.597062	2951782.47	29248	2	110	0	0	0	0	0	29360
33	206.055484	2993052.53	29248	2	108	0	0	2	0	0	29360
34	206.068484	2962310.91	29248	2	108	0	0	0	0	2	29360
35	207.354296	2985534.99	29246	4	108	0	0	0	0	2	29360
36	212.745213	3049182.92	29246	2	108	0	0	2	0	2	29360
37	212.758213	2965647.18	29240	4	108	0	0	0	0	8	29360
38	215.095485	3007327.2	29240	4	108	0	0	0	0	8	29360
39	221.595485	3080894.46	29238	6	108	0	0	0	0	8	29360
40	228.095485	3154437.3	29238	4	110	0	0	0	0	8	29360
41	234.595485	3227975.53	29234	8	108	2	0	0	0	8	29360
42	236.640388	3251086.52	29234	8	108	0	0	2	0	8	29360
43	236.653388	3230392.42	29232	10	108	0	0	0	0	10	29360
44	243.667099	3311314.6	29226	12	112	0	0	0	0	10	29360
45	246.283495	3340527.99	29226	6	114	2	0	2	0	10	29360
46	246.296495	3312213.66	29224	8	114	2	0	0	0	12	29360
47	247.081478	3325392.2	29224	8	112	4	0	0	0	12	29360
48	248.552313	3341542.29	29224	8	112	2	0	2	0	12	29360
49	248.564828	3290653.55	29224	8	112	0	0	0	0	16	29360
50	249.745521	3310141.56	29224	8	112	0	0	0	0	16	29360
51	256.815252	3385413.66	29221	11	112	0	0	0	0	16	29360
52	265.082063	3473428.37	29219	9	116	0	0	0	0	16	29360
53	275.203114	3581183.35	29218	8	116	2	0	0	0	16	29360
54	277.542193	3606087.33	29218	8	115	2	0	1	0	16	29360
55	277.554788	3579563.7	29106	120	114	1	0	0	0	19	29360
56	281.79989	3624637.87	29106	120	113	1	0	1	0	19	29360
57	281.81289	3621470.03	29106	119	114	1	0	0	0	20	29360
58	284.142565	3646183.57	29106	119	113	1	0	1	0	20	29360
59	149.429748	1282406.58	29101	124	113	1	0	1	0	20	29360

Sumber : SAP2000



Tabel 7. 4. Performance Point Arah Y.

Step	Displacement mm	BaseForce Kgf	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-1.058777	0	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
1	5.441223	105876.53	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
2	11.941223	211753.11	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
3	18.441223	317629.74	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
4	24.941223	423505.57	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
5	31.441223	529383.17	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
6	37.941223	635259.05	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
7	44.441223	741134.95	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
8	50.941223	847010.88	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
9	57.441223	952890.67	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
10	63.941223	1058766.66	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
11	70.441223	1164642.67	29360	0	0	0	0	0	0	0	29360
12	74.048755	1223404.38	29353	7	0	0	0	0	0	0	29360
13	80.88144	1322284.09	29300	60	0	0	0	0	0	0	29360
14	87.926304	1406029.97	29266	94	0	0	0	0	0	0	29360
15	96.717749	1498583.63	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
16	103.217749	1566131.96	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
17	109.717749	1633680.31	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
18	116.217749	1701228.7	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
19	122.717749	1768782.93	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
20	129.217749	1836331.39	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
21	135.717749	1903879.89	29256	104	0	0	0	0	0	0	29360
22	142.217749	1971428.41	29252	108	0	0	0	0	0	0	29360
23	148.717749	2038665.68	29250	106	4	0	0	0	0	0	29360
24	152.074624	2073327.43	29248	106	2	2	0	0	0	0	29360
25	152.087624	2023522.55	29248	106	2	2	0	0	0	2	29360
26	154.370914	2056857.39	29248	106	2	0	0	2	0	2	29360
27	154.383914	2006414.48	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
28	164.77204	2119128.16	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
29	171.27204	2181824.99	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
30	177.77204	2244521.79	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
31	184.27204	2307218.56	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
32	190.77204	2369915.3	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
33	197.27204	2432612	29248	106	2	0	0	0	0	4	29360
34	203.77204	2495290.35	29248	91	17	0	0	0	0	4	29360
35	210.27204	2557987	29248	64	44	0	0	0	0	4	29360
36	216.77204	2620683.61	29248	46	62	0	0	0	0	4	29360
37	223.27204	2683380.2	29248	18	90	0	0	0	0	4	29360
38	229.77204	2746076.74	29247	3	106	0	0	0	0	4	29360
39	236.27204	2808766.22	29247	3	106	0	0	0	0	4	29360
40	242.77204	2871455.66	29247	3	106	0	0	0	0	4	29360
41	249.27204	2934145.07	29247	3	106	0	0	0	0	4	29360
42	255.77204	2996825.43	29246	4	106	0	0	0	0	4	29360
43	262.27204	3059510.12	29246	4	106	0	0	0	0	4	29360
44	268.77204	3122194.79	29244	6	106	0	0	0	0	4	29360
45	278.548051	3216365.67	29242	8	106	0	0	0	0	4	29360
46	285.048051	3278959.37	29240	10	106	0	0	0	0	4	29360
47	291.548051	3341531.66	29239	9	108	0	0	0	0	4	29360
48	299.70488	3419948.96	29234	14	106	2	0	0	0	4	29360
49	302.381253	3445637.62	29232	14	108	0	0	2	0	4	29360
50	302.394253	3421705.64	29228	14	110	0	0	0	0	8	29360
51	308.894253	3483459.12	29226	16	110	0	0	0	0	8	29360
52	313.121912	3523600.7	29226	14	110	0	0	2	0	8	29360
53	313.134912	3503092.99	29226	14	110	0	0	0	0	10	29360
54	326.030722	3624960.23	29226	14	110	0	0	0	0	10	29360
55	333.75133	3696967.92	29215	25	110	0	0	0	0	10	29360
56	340.707839	3761203.63	29200	40	110	0	0	0	0	10	29360
57	347.869358	3826393.61	29182	58	110	0	0	0	0	10	29360
58	355.36953	3893762.61	29156	82	112	0	0	0	0	10	29360
59	362.79429	3959275.46	29133	102	115	0	0	0	0	10	29360

Tabel 7. 5.Target Perpindahan.

	Target Perpindahan (m)	Gaya Geser Dasar (kg)
Arah-X	0,149	2310656.8
Arah-Y	0,151	2062398.6

Penentuan level kinerja bangunan pada masing-masing model struktur tersebut mengacu pada tahapan terbentuknya sendi plastis dan informasi mengenai jenis sendi plastis yang timbul, apakah sendi plastis berwarna biru yang menandakan IO, biru muda (LS), atau warna hijau (CP) saat model struktur mencapai kinejanya Berdasarkan tabel level kinerja bangunan struktur diatas dapat disimpulkan berada pada level IO.

Dari hasil *pushover* dihasilkan V (baseshear) dan D (Displacement) yang nantinya akan digunakan sebagai modal untuk perencanaan *performance based design*.

$$F_x = \frac{V_s \times w_x \times h_x}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i}$$

Keterangan :

- $F_x$  : Bagian  $V_s$  yang bekerja di tingkat x
- $V_s$  : Gaya gempa lateral rencana total
- $w_x$  : bagian dari W yang di tempatkan di tingkat x
- $h_x$  : Tinggi tingkat x dari dasar



Tabel 7. 6.Distribusi Gaya per Lantai

Tingkat	Hi (m)	mi (kg)	Vx	Vy	Vx distribusi	0.3 Vy	Vy distribusi	0.3 Vx
0.00	0.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	0	0	0	0
1.00	3.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	11443.04225	3432.912674	11443.04225	3432.912674
2.00	6.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	22886.08449	6865.825347	22886.08449	6865.825347
3.00	9.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	34329.12674	10298.73802	34329.12674	10298.73802
4.00	12.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	45772.16898	13731.65069	45772.16898	13731.65069
5.00	15.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	57215.21123	17164.56337	57215.21123	17164.56337
6.00	18.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	68658.25347	20597.47604	68658.25347	20597.47604
7.00	21.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	80101.29572	24030.38872	80101.29572	24030.38872
8.00	24.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	91544.33796	27463.30139	91544.33796	27463.30139
9.00	27.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	102987.3802	30896.21406	102987.3802	30896.21406
10.00	30.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	114430.4225	34329.12674	114430.4225	34329.12674
11.00	33.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	125873.4647	37762.03941	125873.4647	37762.03941
12.00	36.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	137316.5069	41194.95208	137316.5069	41194.95208
13.00	39.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	148759.5492	44627.86476	148759.5492	44627.86476
14.00	42.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	160202.5914	48060.77743	160202.5914	48060.77743
15.00	45.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	171645.6337	51493.69011	171645.6337	51493.69011
16.00	48.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	183088.6759	54926.60278	183088.6759	54926.60278
17.00	51.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	194531.7182	58359.51545	194531.7182	58359.51545
18.00	54.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	205974.7604	61792.42813	205974.7604	61792.42813
19.00	57.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	217417.8027	65225.3408	217417.8027	65225.3408
20.00	60.00	1710600.00	2310656.80	2062398.60	136478.7733	40943.632	136478.7733	40943.632

Beban ditribusi diletakan pada eksentrisitas gedung.

CENTER OF MASS			
GLOBAL	U1	U2	U3
X	-11361.359	-11361.359	-7593.871
Y	6948.131	6948.131	8467.504

Gambar 7. 21.Center of Mass Bangunan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB VIII**

### **ANALISIS STRUKTUR PERFORMANCE BASED DESIGN**

#### **(Menggunakan Program Bantu SAP 2000 v15)**

### **8.1. Input Data Struktur Bangunan**

#### **8.1.1. Data dan Bahan**

Mendefinisikan data-data yang telah ditetapkan yaitu :

- Mutu Beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu Tulangan ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Dimensi :
  - Balok Induk Memanjang : 500mm x 700mm
  - Balok Induk Melintang : 500mm x 700mm
  - Pelat Atap : 160 mm
  - Pelat Lantai : 180 mm

Analisa Struktur menggunakan Analisa 3D

#### **8.1.2. Pembebanan**

➤ **Beban Gravitasi**

Beban Mati (beban sendiri tidak dimasukkan karena sudah diperhitungkan sendiri)

- Beban Mati Atap : 83 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Mati Lantai : 114 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup

- Beban Hidup Atap : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Lantai : 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban Gempa

Menggunakan hasil dari pushover yang di distribusikan per lantai.

Tabel 8. 1. Hasil Distribusi Gaya Dasar per Lantai.

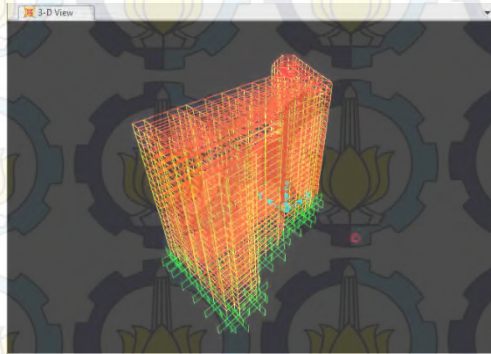
Tingkat	Hi (m)	mi (kg)	Vx	Vy	Vx distribusi	0.3 Vy	Vy distribusi	0.3 Vx
0.00	0.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	0	0	0	0
1.00	3.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	11443.04225	3432.912674	11443.04225	3432.912674
2.00	6.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	22886.08449	6865.825347	22886.08449	6865.825347
3.00	9.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	34329.12674	10298.73802	34329.12674	10298.73802
4.00	12.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	45772.16898	13731.65069	45772.16898	13731.65069
5.00	15.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	57215.21123	17164.56337	57215.21123	17164.56337
6.00	18.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	68658.25347	20597.47604	68658.25347	20597.47604
7.00	21.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	80101.29572	24030.38872	80101.29572	24030.38872
8.00	24.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	91544.33796	27463.30139	91544.33796	27463.30139
9.00	27.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	102987.3802	30896.21406	102987.3802	30896.21406
10.00	30.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	114430.4225	34329.12674	114430.4225	34329.12674
11.00	33.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	125873.4647	37762.03941	125873.4647	37762.03941
12.00	36.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	137316.5069	41194.95208	137316.5069	41194.95208
13.00	39.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	148759.5492	44627.86476	148759.5492	44627.86476
14.00	42.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	160202.5914	48060.77743	160202.5914	48060.77743
15.00	45.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	171645.6337	51493.69011	171645.6337	51493.69011
16.00	48.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	183088.6759	54926.60278	183088.6759	54926.60278
17.00	51.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	194531.7182	58359.51545	194531.7182	58359.51545
18.00	54.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	205974.7604	61792.42813	205974.7604	61792.42813
19.00	57.00	2868500.00	2310656.80	2062398.60	217417.8027	65225.3408	217417.8027	65225.3408
20.00	60.00	1710600.00	2310656.80	2062398.60	136478.7733	40943.632	136478.7733	40943.632

### 8.1.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk komponen elemen struktur menggunakan dengan menggunakan gaya gempa hasil *pushover* disesuaikan dengan kombinasi:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0 W
- 0,9D + 1,0E

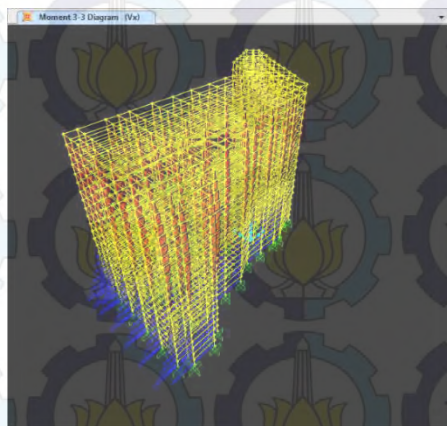




*Gambar 8. 1. Pemodelan Struktur menggunakan SAP2000 v15*

## **8.2. Output SAP2000 V 15**

Hasil analisa menggunakan program bantu SAP 2000 V15 menghasilkan gaya dalam yang diperlukan dalam mendesain jumlah tulangan yang dibutuhkan.

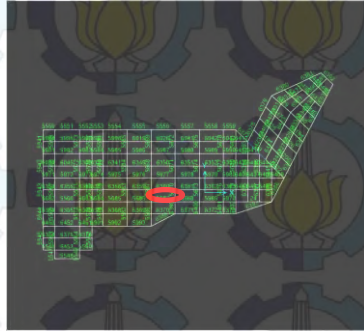


*Gambar 8. 2. Hasil Output Pemodelan SAP 2000.*

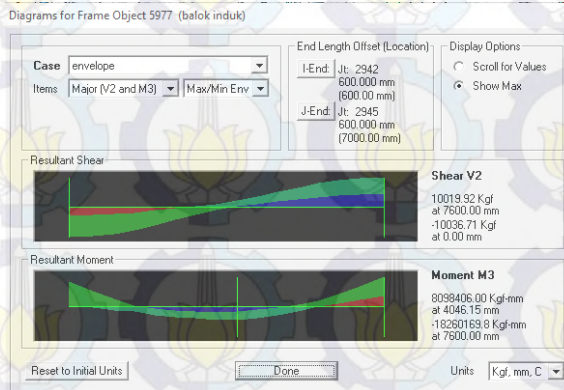
### 8.3. Perencanaan Balok

#### 8.3.1. Perencanaan Balok B1 Memanjang Atap

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum



Gambar 8. 3.Lokasi Balok Memanjang Atap



Gambar 8. 4.Momen Hasil Analisa Balok Memanjang Atap

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 8098406 kg.mm
- Momen Tumpuan : 18260169 kg.mm
- Gaya geser : 10019.92 kg



### Data Perencanaan

- $L = 8000 \text{ mm}$
- Mutu Bahan : Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa  
Beton ( $f'_c$ ) = 50 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Dimensi balok induk 50/70
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm  
 $d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$   
 $d = 700 - d' = 700 - 63 = 637 \text{ mm}$   
 $\beta = 0,85$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

### Frame Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 18260169 \text{ kg.mm} \\ &= 182601690 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi b x d^2} = \frac{182601690}{0,8 * 500 * 637^2} = 1.12 \text{ Mpa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (1.12)}{400}} \right) = 0,0028$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0028$$

$$0,0028 \rightarrow \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0028 \times 500 \times 637 = 819,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847 2013 Pasal.10.5.1)

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847 2013 Pasal.10.5.1)

Karena luas  $A_s$  pakai kurang dari  $A_{s \text{ min}}$  dipakai  $A_{s \text{ min}}$  :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1407,58 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 26,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407,58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26,5}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,00103 \times 500 \times 637 = 328,055 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $A_s = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:



$$S = \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25\text{mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,67\text{mm} \geq 25\text{mm} \rightarrow 1\text{baris}$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 8098406 \text{ kg.mm} = 80984060 \text{ N mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi x b x d^2} = \frac{80984060}{0,8 x 500 x 637^2} = 0,5 \text{ Mpa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9,4).(0,5)}{400}} \right) = 0,00126$$

$$0,00126 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkan} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,7 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 378733612 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$



$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Maka  $V_n = 71284.2 N$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{71284.2}{0.75} = 95045.5 N$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_s \max = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 500 \times 637 \times \sqrt{50} = 1501423.4 N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{95045.5} = 303.2 mm$$

$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 \text{ mm}^2$$

Smax sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $637/4 = 159 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

Smax diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

Smax = 150 mm

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 500 \times 637 = 325433,52 \text{ N}$$

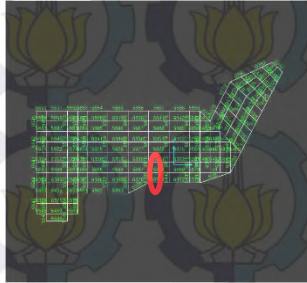
(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi.

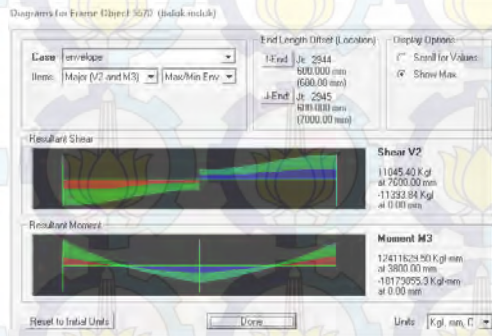


### 8.3.2. Perencanaan Balok B1 Melintang Atap

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 5.Lokasi Balok Melintang Atap



Gambar 8. 6.Momen Analisa Balok Melintang Atap.

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 12411629 kg.mm
- Momen Tumpuan : 18179855 kg.mm
- Gaya geser : 11393.84 kg

**Data Perencanaan :**

- $L = 8000 \text{ mm}$
- Mutu Bahan : Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$   
Beton ( $f'_c$ )  $= 50 \text{ MPa}$
- Selimut beton  $= 40 \text{ mm}$
- Dimensi balok induk 50/70
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm  
 $d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$   
 $d = 700 - d' = 700 - 63 = 637 \text{ mm}$   
 $\beta = 0,85$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

**Frame Tumpuan**

$$M_u = 18179855 \text{ kg.mm}$$

$$= 181798550 \text{ N.mm}$$

$$\text{Direncanakan } \delta = 0,4$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi * b * d^2} = \frac{181798550}{0,8 * 500 * 637^2} = 1,12 \text{ MPa}$$



$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (1.12)}{400}} \right) = 0,0028$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0028$$

$$0,0028 \rightarrow \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0028 \times 500 \times 637 = 819,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1407,58 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 26,5 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407,58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26,5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 (As = 1520,53 mm<sup>2</sup>)

$$\text{As}' = \rho' \times b \times d = 0,00103 \times 500 \times 637 = 328,055 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 (As = 760,265 mm<sup>2</sup>)

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n-1} \geq 25\text{mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4-1} = 102,67\text{mm} \geq 25\text{mm} \rightarrow 1\text{baris}$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 12411629 \text{ kg.mm} = 124116290 \text{ N mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b x d^2} = \frac{124116290}{0,8 \times 500 \times 637^2} = 0,76 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9,4).(0,76)}{400}} \right) = 0,0019$$

$$0,0019 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times bw \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>



$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5mm$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 N.mm$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25mm$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,7mm \geq 25mm \rightarrow 1baris$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Maka  $V_n = 71284.2 N$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{71284.2}{0.75} = 95045.5 N$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_s \max = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 500 \times 637 \times \sqrt{50} = 15014234 N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{95045.5} = 303.2 mm$$



$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 \text{ mm}^2$$

Smax sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
637/4 = 159 mm
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
6 x 22 = 132 mm

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

Smax diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

Smax = 150 mm

Maka dipakai s = 150 mm

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

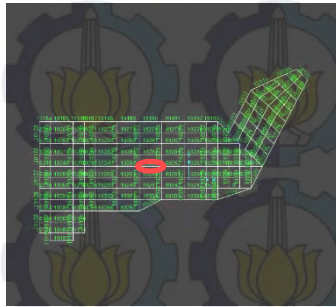
$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 500 \times 637 = 325433,52 \text{ N}$$

(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

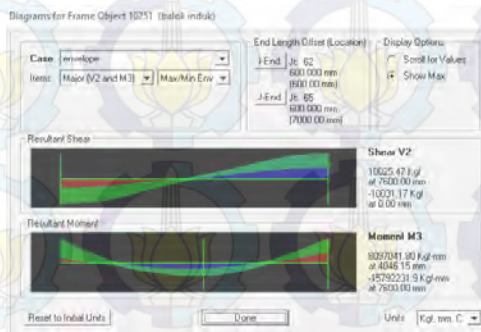
Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi.

### 8.3.3. Perencanaan Balok B1 Memanjang Lantai

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum



Gambar 8. 7.Lokasi Balok MEmanjang Lantai



Gambar 8. 8.Momen Hasil Analisa Balok Memanjang Lantai

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 8097041.8 kg.mm
- Momen Tumpuan : 15792231 kg.mm
- Gaya geser : 10031.17 kg



**Data Perencanaan :**

- $L = 8000 \text{ mm}$
- Mutu Bahan : Baja ( $f_y$ ) = 400MPa  
Beton ( $f'_c$ ) = 50 MPa
- Selimut beton = 40 mm
- Dimensi balok induk 50/70
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm  
 $d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$   
 $d = 700 - d' = 700 - 63 = 637 \text{ mm}$   
 $\beta = 0,85$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

**Frame Tumpuan**

$$\begin{aligned} Mu &= 15792231 \text{ kg.mm} \\ &= 157922310 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan } \delta = 0,4$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b x d^2} = \frac{157922310}{0,8 * 500 * 637^2} = 0,97 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (0,97)}{400}} \right) = 0,0025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0025$$

$$0,0025 \rightarrow \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0025 \times 500 \times 637 = 796,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas  $A_s$  pakai kurang dari  $A_{s \text{ min}}$  dipakai  $A_{s \text{ min}}$  :  
 $1407,58 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1407,58 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 26,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407,58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26,5}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,00103 \times 500 \times 637 = 328,055 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $A_s = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:



$$S = \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n-1} \geq 25\text{mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4-1} = 102,67\text{mm} \geq 25\text{mm} \rightarrow 1\text{baris}$$

### Frame Lapangan

$$\text{Mu}_{\text{lapangan}} = 8097041.8 \text{ kg.mm} = 80970418 \text{ N mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\Phi b x d^2} = \frac{80970418}{0,8 \times 500 \times 637^2} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9,4).(0,5)}{400}} \right) = 0,00126$$

$$0,00126 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

100

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5mm$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 N.mm$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkan} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25mm$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,7mm \geq 25mm \rightarrow 1baris$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31mm$$



$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

Maka  $V_n = 71284.2 N$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{71284.2}{0.75} = 95045.5 N$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_s \max = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 500 \times 637 \times \sqrt{50} = 1501423.4 N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{95045.5} = 303.2 mm$$

$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 mm^2$$

S<sub>max</sub> sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
637/4 = 159 mm
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
6 x 22 = 132 mm

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai S<sub>0</sub> tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai Ø12-130

S<sub>max</sub> diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

S<sub>max</sub> = 150 mm

Maka dipakai s = 150 mm

Jadi dipasang begel Ø12-150

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 500 \times 637 = 325433,52 \text{ N}$$

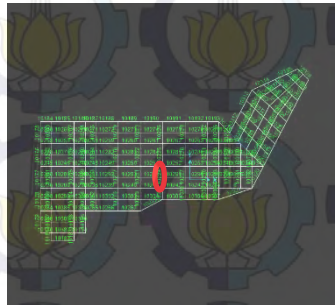
(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi.

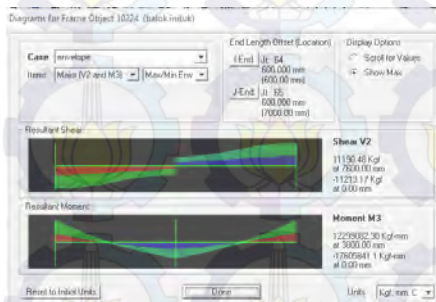


### 8.3.4. Perencanaan Balok B1 Melintang Lantai

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 9.Lokasi Balok Melintang Lantai



Gambar 8. 10.Momen Analisa Balok MelintangLantai.

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 12299082.9 kg.mm
- Momen Tumpuan : 17605841.1 kg.mm
- Gaya geser : 11213.17 kg

**Data Perencanaan :**

- L = 8000 mm
- Mutu Bahan : Baja (  $f_y$  ) = 400 MPa  
Beton (  $f'_c$  ) = 50 MPa
- Selimut beton = 40 mm
- Dimensi balok induk 50/70
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm  
 $d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$   
 $d = 700 - d' = 700 - 63 = 637 \text{ mm}$   
 $\beta = 0,85$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

**Frame Tumpuan**

$$M_u = 17605841.1 \text{ kg.mm}$$

$$= 176058411 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi x b x d^2} = \frac{176058411}{0,8 \times 500 \times 637^2} = 1.08 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (1.08)}{400}} \right) = 0,0027$$



$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0027$$

$$0,0027 \rightarrow \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0027 \times 500 \times 637 = 859,95 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1407,58 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 26,5 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407,58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26,5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 (As = 1520,53 mm<sup>2</sup>)

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,00103 \times 500 \times 637 = 328,055 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 (As = 760,265 mm<sup>2</sup>)

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{b w - 2\phi_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{decking} - n \cdot \phi_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{500 - (2) \cdot (12) - (2) \cdot (40) - (4) \cdot (22)}{4 - 1} = 102,67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

**Frame Lapangan**

$$Mu_{\text{lapangan}} = 12299082.9 \text{ kg.mm} = 122990829 \text{ N mm}$$

Direnkanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b x d^2} = \frac{122990829}{0.8 \times 500 \times 637^2} = 0.76 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9.4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9.4) \cdot (0.76)}{400}} \right) = 0.0019$$

$$0.0019 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$As_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0.002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0.25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407.58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1.4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1.4 \times 500 \times 637}{400} = 1114.5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407.58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5 \text{ mm}$$



$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,7 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 3787336124 N.mm$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2N$$

Maka  $V_n = 71284.2 N$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{71284.2}{0.75} = 95045.5N$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_s \max = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{fc} = \frac{2}{3} \times 500 \times 637 \times \sqrt{50} = 1501423.4N$$

$$s = \frac{Av \times fy \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{95045.5} = 303.2mm$$

$$Av = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 mm^2$$

$S_{max}$  sepanjang sendi palstis :



- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $637/4 = 159 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

$S_{\text{max}}$  diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 500 \times 637 = 32543,52 \text{ N}$$

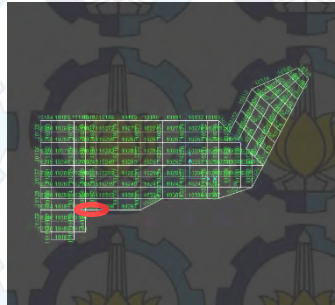
(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi.

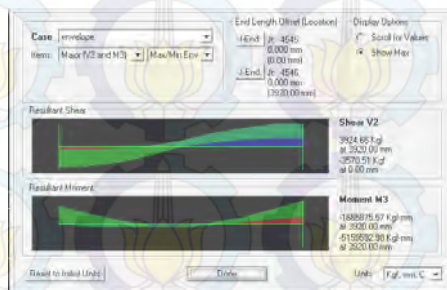
Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi.

### 8.3.5. Perencanaan Balok B2 Memanjang

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 11. Lokasi Balok B2 Memanjang Lantai



Gambar 8. 12. Momen Analisa Balok B2 Memanjang.

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 421468.89 kg.mm
- Momen Tumpuan : 1685875.57 kg.mm
- Gaya geser : 3924.66 kg



**Data Perencanaan :**

- $L = 4000 \text{ mm}$
  - Mutu Bahan : Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$   
Beton ( $f'_c$ )  $= 50 \text{ MPa}$
  - Selimut beton  $= 40 \text{ mm}$
  - Dimensi balok  $40/60$
  - Direncanakan ukuran tulangan balok diameter  $22 \text{ mm}$
  - Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter  $12 \text{ mm}$
- $$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$
- $$d = 600 - d' = 600 - 63 = 537 \text{ mm}$$
- $$\beta = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

**Frame Tumpuan**

$$M_u = 1685875.57 \text{ kg.mm}$$

$$= 16858755.7 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi * b * d^2} = \frac{16858755.7}{0,8 * 400 * 537^2} = 0.18 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (0.18)}{400}} \right) = 0,0005$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0005$$

$$0,0005 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 400 \times 537 = 429.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 400 \times 537 = 949.29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 537}{400} = 751.8 \text{ mm}^2$$

Karena luas  $A_s$  pakai kurang dari  $A_{s \text{ min}}$  dipakai  $A_{s \text{ min}}$  :  
 $949.29 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{949.29 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 22.33 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 949.29 \times 400 \times \left( 537 - \frac{22.33}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 1996679629 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

Dipasang tulangan 3 D 22 ( $A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$ )

$A_s' = \frac{1}{2} A_s$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $A_s = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:



$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25mm$$

$$= \frac{400 - (2).(12) - (2).(40) - (3).(22)}{3 - 1} = 115mm \geq 25mm \rightarrow 1baris$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{lapangan} = 421468.89 \text{ kg.mm} = 4214688.9 \text{ N mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 600 - d' = 600 - 63 = 537 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi x b x d^2} = \frac{4214688.9}{0.8 x 400 x 537^2} = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9.4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9.4).(0.05)}{400}} \right) = 0.00014$$

$$0.00014 \rightarrow \rho_{perlu} < \rho_{in} < \rho_{max} \rightarrow \text{pakai } \rho_{min}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{min} \times b \times d = 0.002 \times 400 \times 537 = 429.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw \times d$$

$$A_{s \min} = \frac{0.25 \sqrt{50}}{400} 400 \times 537 = 949.29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1.4 \times bw \times d}{f_y} = \frac{1.4 \times 400 \times 537}{400} = 751.8 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
949.29 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{949.29 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 22.33 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 949.29 \times 400 \times \left( 537 - \frac{22.33}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 1996679629 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 3 D 22 ( $As = 1140,4 \text{ mm}^2$ )

$As' = \frac{1}{2} As$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2).(12) - (2).(40) - (3).(22)}{3 - 1} = 115 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1140.4 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 26.8 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1140.4 \times 400 \times \left( 537 - \frac{26.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 2388378628 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$



$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{2388378628 + 191539643}{4000} = 1075944 \text{ N}$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1140.4 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 26.8 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1140.4 \times 400 \times \left( 537 - \frac{26.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 2388378628 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{2388378628 + 191539643}{4000} = 1075944 \text{ N}$$

Maka  $V_n = 107594.4 \text{ N}$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{107594.4}{0.75} = 143459.2 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \times b w \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 400 \times 537 \times \sqrt{50} = 10125769 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 537}{143459.2} = 169.3 \text{ mm}$$

$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 \text{ mm}^2$$

Smax sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $537/4 = 134 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

Smax diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

Smax = 150 mm

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0.17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0.17 \times 0.85 \sqrt{50} \times 400 \times 537 = 219476 \text{ N}$$

(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

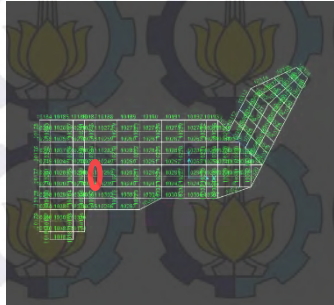
Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi.

Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi

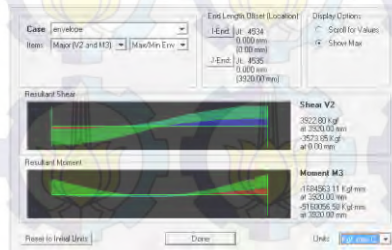


### 8.3.6. Perencanaan Balok B2 Melintang

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 13.Lokasi Balok B2 Melintang.



Gambar 8. 14.Momen Analisa Balok Melintang.

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 1290014.12 kg.mm
- Momen Tumpuan : 5160056.50 kg.mm
- Gaya geser : 3922.8 kg

### Data Perencanaan :

- L = 4000 mm
- Mutu Bahan : Baja (  $f_y$  ) = 400 MPa  
Beton (  $f'_c$  ) = 50 MPa

- Selimut beton = 40 mm
  - Dimensi balok induk 40/60
  - Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
  - Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm
- $$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$
- $$d = 600 - d' = 600 - 63 = 537 \text{ mm}$$
- $$\beta = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f_c' * \frac{600}{f_y} * (600 + f_y)}{(SNI 03-2847-2013 \text{ Lampiran B.8.4.2.})}$$

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

### Frame Tumpuan

$$M_u = 5160056.50 \text{ kg.mm}$$

$$= 51600565 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi b x d^2} = \frac{51600565}{0,8 * 400 * 537^2} = 0.6 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (0.6)}{400}} \right) = 0,00015$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00015$$

$$0,00015 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 400 \times 537 = 429.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$



$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{50}}{400} 400 \times 537 = 949.29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times bw \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 537}{400} = 751.8 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min : 949.29 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{949.29 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 22.33 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 949.29 \times 400 \times \left( 537 - \frac{22.33}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 1996679629 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 3 D 22 (As = 1140,4 mm<sup>2</sup>)

$$As' = \frac{1}{2} As$$

Dipasang tulangan 2 D 22 (As = 760,265 mm<sup>2</sup>)

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2).(12) - (2).(40) - (3).(22)}{3 - 1} = 115 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 1290014.12 \text{ kg.mm} = 12900141.2 \text{ N.mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 537 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b d^2} = \frac{12900141.2}{0.8 \times 400 \times 537^2} = 0.14 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (0,14)}{400}} \right) = 0,00035$$

$0,00035 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 400 \times 537 = 429,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 400 \times 537 = 949,29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 537}{400} = 751,8 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  $949,29 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{949,29 \times 400}{0,85 \times 50 \times 400} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 949,29 \times 400 \times \left( 537 - \frac{22,33}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 1996679629 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 3 D 22 ( $A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$ )

$A_s' = \frac{1}{2} A_s$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $A_s = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:



$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25mm$$

$$= \frac{400 - (2).(12) - (2).(40) - (3).(22)}{3 - 1} = 115mm \geq 25mm \rightarrow 1baris$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1140.4 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 26.8mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1140.4 \times 400 \times \left( 537 - \frac{26.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 2388378628 N.mm$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 N.mm$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{2388378628 + 191539643}{4000} = 1075944 N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1140.4 \times 400}{0.85 \times 50 \times 400} = 26.8mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1140.4 \times 400 \times \left( 537 - \frac{26.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 2388378628 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{l_n} = \frac{2388378628 + 191539643}{4000} = 107594.4 \text{ N}$$

Maka  $V_n = 107594.4 \text{ N}$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{107594.4}{0.75} = 143459.2 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 400 \times 537 \times \sqrt{50} = 10125769 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 537}{143459.2} = 169.3 \text{ mm}$$

$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113.095 \text{ mm}^2$$

S<sub>max</sub> sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
537/4 = 134 mm
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
6 x 22 = 132 mm

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$



$V_{smax}$  diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8mm$$

$S_{max} = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

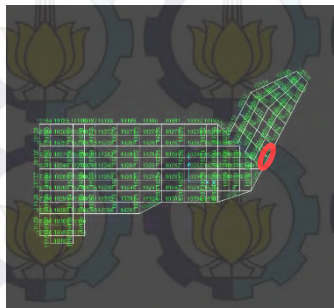
$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 400 \times 537 = 219476N$$

(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

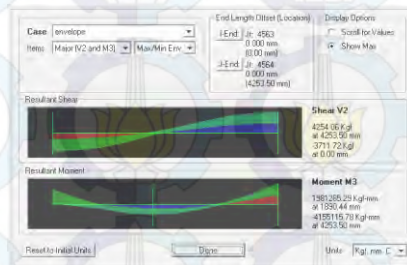
Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi

### 8.3.7. Perencanaan Balok B3 Memanjang

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 15.Lokasi Balok B3 Memanjang.



Gambar 8. 16.Momen Analisa Balok MelintangLantai.

### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 1981285.29 kg.mm
- Momen Tumpuan : 4155115.78 kg.mm
- Gaya geser : 4254.06 kg

### Data Perencanaan :

- L = 5000 mm
- Mutu Bahan : Baja (  $f_y$  ) = 400 MPa  
Beton (  $f'_c$  ) = 50 MPa
- Selimut beton = 40 mm
- Dimensi balok 45/65
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 650 - d' = 650 - 63 = 587 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)



$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\max} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 50} = 9,4$$

### Frame Tumpuan

$$M_u = 4155115.78 \text{ kg.mm}$$

$$= 41551157.8 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi b x d^2} = \frac{41551157.8}{0,8 \times 450 \times 587^2} = 0.33 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (0.33)}{400}} \right) = 0,0008$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0008$$

$$0,0008 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} < \rho_{\max} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\min}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\min} \times b \times d = 0,002 \times 450 \times 587 = 528.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 450 \times 587 = 1167.38 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 450 \times 587}{400} = 924.525 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min : 1167.38 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1167.38 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 24.4 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1167.38 \times 400 \times \left( 587 - \frac{24.4}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 2684040096 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$As' = \frac{1}{2} As$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkan} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{450 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 86 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 1981285.29 \text{ kg.mm} = 19812852.9 \text{ N.mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 650 - d' = 650 - 63 = 587 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b x d^2} = \frac{19812852.9}{0,8 \times 450 \times 587^2} = 0,16 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{fy}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9,4).(0,16)}{400}} \right) = 0,0004$$

$$0,0004 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$As_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 450 \times 587 = 528.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{fy} bw \times d$$



$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{50}}{400} 450 \times 587 = 1167.38 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 450 \times 587}{400} = 924.525 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min : 1167.38 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1167.38 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 24.4 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1167.38 \times 400 \times \left( 587 - \frac{24.4}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 2684040096 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 (As = 1520,53 mm<sup>2</sup>)

As' = ½ As

Dipasang tulangan 2 D 22 (As = 760,265 mm<sup>2</sup>)

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{b_w - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{450 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 86 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 31.8 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 587 - \frac{31.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 3473498732 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 15.9 mm$$

$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 587 - \frac{15.9}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 1760924322 N.mm$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{ln} = \frac{3473498732 + 176092322}{5000} = 104688.5 N$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 31.8 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 587 - \frac{31.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 3473498732 N.mm$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 450} = 15.9 mm$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 587 - \frac{15.9}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 1760924322 N.mm$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{ln} = \frac{3473498732 + 176092322}{5000} = 104688.5 N$$

Maka  $V_n = 104688.5 N$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{104688.55}{0.75} = 139584.61 N$$



Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_{s \max} = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 450 \times 587 \times \sqrt{50} = 1245215N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 587}{1395846} = 209.24mm$$

$$A_v = 0.25 \times \pi \times 12^2 = 113,095 \text{ mm}^2$$

$S_{max}$  sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
587/4 = 146 mm
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
6 x 22 = 132 mm

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33mm$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

$S_{max}$  diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7N$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8mm$$

$$S_{max} = 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

## Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{fc} \times b \times d$$

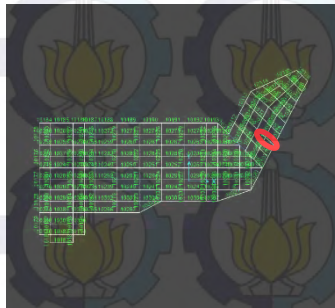
$$V_c = 0,17 \times 0,85 \sqrt{50} \times 450 \times 587 = 269900,36 N$$

(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)

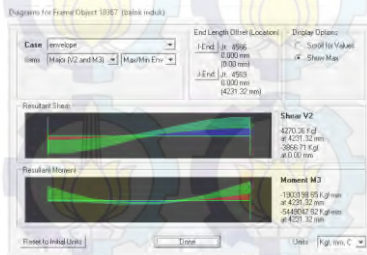
Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terjadi.

### 8.3.8. Perencanaan Balok B3 Melintang

Dari Hasil Analisa SAP2000 V15 diperoleh balok dengan momen maksimum.



Gambar 8. 17.Lokasi Balok Melintang Lantai



Gambar 8. 18.Momen Analisa Balok Melintang Lantai.



### Perhitungan Tulangan Lentur

Dari data diatas didapatkan momen :

- Momen Lapangan : 12299082.9 kg.mm
- Momen Tumpuan : 17605841.1 kg.mm
- Gaya geser : 11213.17 kg

### Data Perencanaan :

- L = 8000 mm
- Mutu Bahan : Baja (  $f_y$  ) = 400 MPa  
Beton (  $f'_c$  ) = 50 MPa
- Selimut beton = 40 mm
- Dimensi balok induk 50/70
- Direncanakan ukuran tulangan balok diameter 22 mm
- Direncanakan ukuran tulangan sengkang diameter 12 mm

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 700 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$= \frac{0,85 * 0,85 * 50}{400} * \frac{600}{(600 + 400)} = 0,054$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,054 = 0,0405$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} = \frac{400}{0,85 * 50} = 9,4$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

### Frame Tumpuan

$$M_u = 17605841.1 \text{ kg.mm}$$

$$= 176058411 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi * b * d^2} = \frac{176058411}{0,8 * 500 * 637^2} = 1.08 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2) \cdot (9,4) \cdot (1.08)}{400}} \right) = 0,0027$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0027$$

$$0,0027 \rightarrow \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0027 \times 500 \times 637 = 859,95 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas  $A_s$  pakai kurang dari  $A_{s \text{ min}}$  dipakai  $A_{s \text{ min}}$  :  
 $1407,58 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1407,58 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 26,5 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407,58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26,5}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,00103 \times 500 \times 637 = 328,055 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $A_s = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:



$$S = \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n-1} \geq 25\text{mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4-1} = 102,67\text{mm} \geq 25\text{mm} \rightarrow 1\text{baris}$$

### Frame Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 12299082.9 \text{ kg.mm} = 122990829 \text{ N mm}$$

Direncanakan

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 700 - d' = 600 - 63 = 637 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi b x d^2} = \frac{122990829}{0,8 \times 500 \times 637^2} = 0,76 \text{ MPa}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2).(9,4).(0,76)}{400}} \right) = 0,0019$$

$$0,0019 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{in}} < \rho_{\text{max}} \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\text{As pakai} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{50}}{400} 500 \times 637 = 1407,58 \text{ mm}^2$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4 \times bw \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 637}{400} = 1114,5 \text{ mm}^2$$

Karena luas As pakai kurang dari Asmin dipakai As min :  
1407,58 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

Dipasang tulangan 4 D 22 ( $As = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$As' = \rho' \times b \times d = 0,002 \times 500 \times 637 = 637 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D 22 ( $As = 760,265 \text{ mm}^2$ )

Spasi bersih antar tulangan:

$$S = \frac{bw - 2\phi_{senggang} - 2.decking - n.\phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{500 - (2).(12) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 102,7 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ baris}$$

### Perhitungan Geser

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

Tumpuan Kiri :

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kiri} = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$



$$Mpr_{kiri} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kiri} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kiri} = \frac{Mpr_{kiri}}{l_n} = \frac{351191210 + 191539643}{8000} = 67841.35 \text{ N}$$

Tumpuan Kanan :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1407.58 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 26.5 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1407.58 \times 400 \times \left( 637 - \frac{26.5}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 351191210 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kanan} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr_{kanan} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_{kanan} = \frac{Mpr_{kanan}}{l_n} = \frac{351191210 + 191539643}{8000} = 67841.35 \text{ N}$$

Maka  $V_n = 67841.35 \text{ N}$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{67841.35}{0.75} = 90455.13 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari  $V_{max}$

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c} = \frac{2}{3} \times 500 \times 637 \times \sqrt{50} = 1501423.4 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{226.19 \times 400 \times 637}{90455.13} = 637.15 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times 0.25 \times \pi \times 12^2 = 226.19 \text{ mm}^2$$

Smax sepanjang sendi palstis :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $587/4 = 146 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67.33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Jadi dipakai  $\varnothing 12-130$

Smax diluar sendi plastis

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} = \frac{47522.75}{0.75} = 63363.7 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{113.095 \times 400 \times 637}{63363.7} = 454.8 \text{ mm}$$

Smax = 150 mm

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Jadi dipasang begel  $\varnothing 12-150$

Kekuatan Geser Beton

$$V_c = 0.17 \times \lambda \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0.17 \times 0.85 \sqrt{50} \times 500 \times 637 = 325433.52 \text{ N}$$

(SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1.)



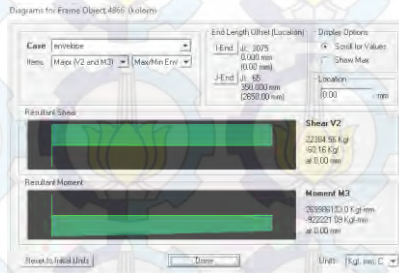
Namun kekuatan geser beton diabaikan. Sehingga dianggap tulangan geser yang menahan semua gaya geser yg terjadi. Maka tulangan geser mampu menahan gaya geser yang terja

## 8.4. Perencanaan Kolom

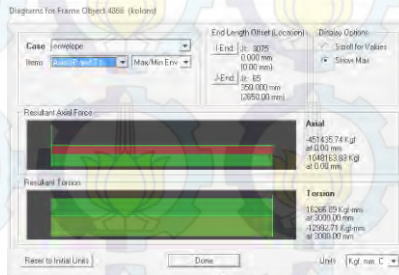
### 8.4.1. Perencanaan Kolom K1

#### Data Perencanaan :

- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1200 mm
- Panjang kolom : 1200 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm
- Cover : 40 mm



Gambar 8. 19.Gaya kolom hasil pemodelan struktur.

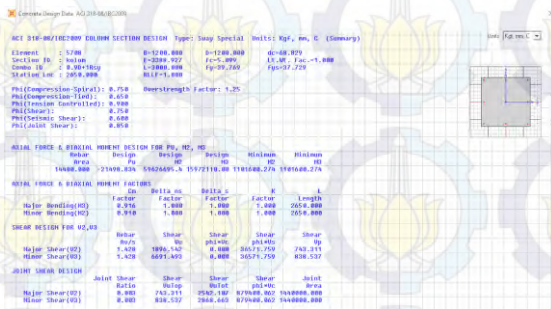


Gambar 8. 20.Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.

Dari data diatas didapatkan :

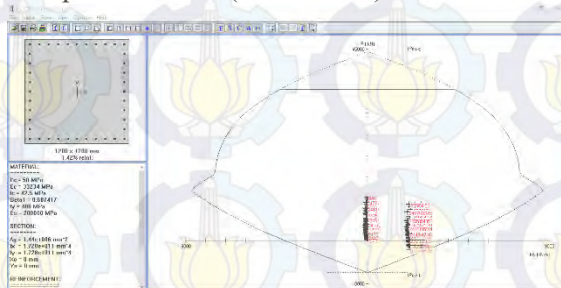
Pumax	: 45143.57 kg
Pumin	: 104816.3 kg
V	: 2238.4 kg
Mumax	: 2699613 kg.mm
Mumin	: 922221 kg.mm

## Perencanaan Tulangan longitudinal



Gambar 8. 21. Hasil concrete design kolom.

Dari hasil analisa diatas didapatkan rebar area sebesar 14400 mm<sup>2</sup>. Maka dipakai 40 D25 (19636 mm<sup>2</sup>).



Gambar 8. 22, Hasil diagram iterasi PCACOL.



Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1200 - d' = 1200 - 63 = 1137 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{19636 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1200} = 154 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kolom} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 19636 \times 400 \times \left( 1137 - \frac{154}{2} \right)$$

$$Mpr_{kolom} = 8325664000 \text{ N.mm}$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $Mg_1 = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $Mg_2 = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut :

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg$$

$$\sum Me = \frac{Me_1 + Me_2}{\Phi}$$

$$\sum Me = \frac{8325.6 + 8325.6}{0.65} = 25617.2 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 \text{ kN.m}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 \text{ kN.m}$$

$$25617.2 \text{ kN.m} > 8554.05 \text{ kN.m}$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

### Menentukan Daerah $I_0$

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi  $H = 0,05 L_n = 150 \text{ mm}$
  - Seperenam bentang komponen struktur  $1/6 L_n = 500 \text{ mm}$
  - 450 mm
- Maka dipakai jarak 500 mm

### Spasi tulangan transversal di $I_0$

Spasi tulangan transversal sepanjang  $I_0$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1200/4 = 300 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka dipakai 150 mm.

### Pengekang kolom

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$



$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{sb_c \times f_c}{f_y}$$

$$bc = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 1108 \text{ mm}$$

$$Ach = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 1254400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{560 \times 1108 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1440000}{1254400} \right) - 1 \right] = 3442.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{560 \times 1108 \times 50}{400} = 6980.4 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu 3442.7 mm<sup>2</sup>

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak 100 mm

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 30.4$  buah dibulatkan menjadi 31 buah.

Maka  $A_{sh}$  pakai =  $n \times A_s$  sengkang = 3505.9 mm<sup>2</sup>

### Perencanaan Tulangan Geser Kolom

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_u = \frac{\sum M_{pr_{balok}}}{\ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 \text{ N}$$

$$V_e = \frac{\sum M_{pr_{kolom}}}{\ln} = \frac{8325664000 + 8325664000}{3000} = 55504426 \text{ N}$$

$$50\% V_e > V_u$$

$$50\% \times 55504426 > 71284$$

$$2775221.3 \text{ N} > 71284 \text{ N OK}$$

$$P_u < \frac{A_g \times f_c}{20}$$

$$1048163 < \frac{1000000 \times 50}{20}$$

$$1048163 < 2500000 \text{ OK}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{N_u}{1.4 A_g} \right) \times \lambda \sqrt{f_c b d}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{1048163}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} 1000 \times 937$$

$$V_c = 1969635.25 \text{ N}$$

Ash terpasang

$$V_s = \frac{A_{sh} \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{3505.9 \times 400 \times 1137}{100} = 10630025.24 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0.75 \times 10630025.24 = 7972518.9 \text{ N}$$

$$\phi V_s > V_u$$



$$\phi V_s > V_u \text{ OK}$$

### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\frac{c_b + K_{tr}}{db}} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85\sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732 \text{ mm}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyerdehanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan leawatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A :  $1 \ l_d = 732 \text{ mm}$
- Sambungan kelas B :  $1,3 \ l_d = 951,6 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak 740 mm

### Hubungan Balok Kolom

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265 \text{ N}$$

$$T_1 = 760.3 \text{ kN}$$

$$T_2 = A'_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13 \text{ kN}$$

$$M_u = \sum M_g / 2$$

$$\sum M_g = 3787.3 + 1915.4 = 5702.7 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 5702.7 / 2 = 2851.35 \text{ kN.m}$$

$$V_h = \frac{2M_u}{L_n} = \frac{5702.7}{8} = 712.8 \text{ kN}$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 712 = 412.6 \text{ kN}$$



$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_j$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1200 \times 1900$$

$$\phi V_c = 23296340N$$

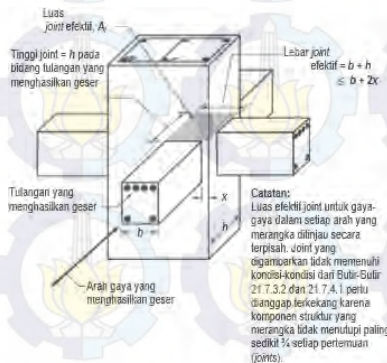
$$\phi V_c = 23296.34kN$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_x - x$$

HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.

Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah I<sub>0</sub>.



Gambar 8. 23. Hubungan Balok Kolom K1

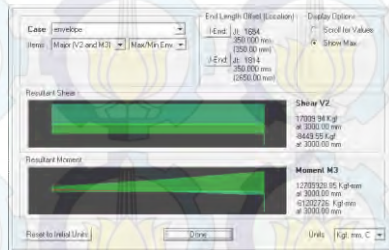
#### 8.4.2. Perencanaan Kolom K2

Data Perencanaan :

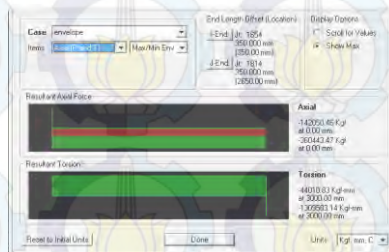
- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1200 mm
- Panjang kolom : 1200 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm

- Cover

: 40 mm



Gambar 8. 24. Gaya kolom hasil pemodelan struktur.



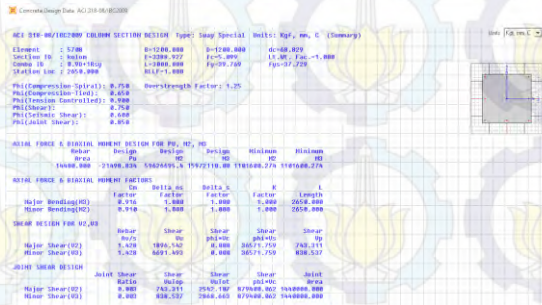
Gambar 8. 25. Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.

Dari data diatas didapatkan :

P<sub>max</sub> : 360443 kg  
 P<sub>min</sub> : 142050 kg  
 V : 8449.55kg  
 M<sub>min</sub> : 61202726 kg.mm  
 M<sub>max</sub> : 12705928.85 kg.mm

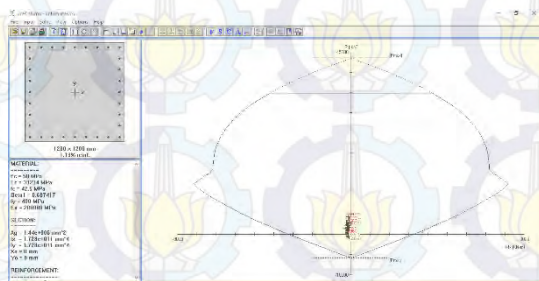


## Perencanaan Tulangan longitudinal



Gambar 8. 26. Hasil concrete design kolom K2.

Dari hasil analisa diatas didapatkan rebar area sebesar 14400 mm<sup>2</sup>. Maka dipakai 32 D25 (15708 mm<sup>2</sup>).



Gambar 8. 27, Hasil diagram iterasi PCACOL K2.

Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1200 - d' = 1200 - 63 = 1137 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{15708 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1200} = 123.2 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kolom} = \phi As \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 15708 \times 400 \times \left( 1137 - \frac{123.2}{2} \right)$$

$$Mpr_{kolom} = 6756953280 \text{ N.mm}$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $Mg_1 = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $Mg_2 = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut:

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg$$

$$\sum Me = \frac{Me_1 + Me_2}{\phi}$$

$$\sum Me = \frac{6756.9 + 6756.9}{0.65} = 20790.5 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 \text{ kN.m}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 \text{ kN.m}$$

$$20790.5 \text{ kN.m} > 8554.05 \text{ kN.m}$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

### **Menentukan Daerah I<sub>0</sub>**

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi  $H = 0,05 L_n = 150 \text{ mm}$



- Seperenam bentang komponen struktur  
 $1/6L_n = 500 \text{ mm}$
- 450 mm  
 Maka dipakai jarak 500 mm

### **Spasi tulangan transversal di $I_0$**

Spasi tulangan transversal sepanjang  $I_0$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1200/4 = 300 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

- $$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka dipakai 150mm

### **Pengekang kolom**

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y}$$

$$bc = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 1108 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 1254400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{560 \times 1108 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1440000}{1254400} \right) - 1 \right] = 3442,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{560 \times 1108 \times 50}{400} = 6980,4 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu  $3442,7 \text{ mm}^2$

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak 100 mm

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 30,4$  buah dibulatkan menjadi 31 buah.

Maka  $A_{sh}$  pakai =  $n \times A_s$  sengkang =  $3505,9 \text{ mm}^2$

### **Perencanaan Tulangan Geser Kolom**

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1520,53 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 28,6 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520,53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28,6}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{760,265 \times 400}{0,85 \times 50 \times 500} = 14,31 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760,265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14,31}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 191539643 \text{ N.mm}$$



$$V_u = \frac{\sum Mpr_{balok}}{\ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2N$$

$$V_e = \frac{\sum Mpr_{kolom}}{\ln} = \frac{6756953280 + 6756953280}{3000} = 4504635.52N$$

$$50\%V_e > V_u$$

$$50\% \times 4504635.52 > 712842$$

$$2252317.76N > 712842N \text{ OK}$$

$$P_u < \frac{Ag \times f_c}{10}$$

$$360443 < \frac{1000000 \times 50}{10}$$

$$3604430 < 5000000 \text{ OK}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{Nu}{1.4Ag} \right) \times \lambda \sqrt{f_c b d}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{1048163}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} \times 1200 \times 1137$$

$$V_c = 1969635.25N$$

Ash terpasang

$$V_s = \frac{Ash \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{3505.9 \times 400 \times 1137}{100} = 10630025.24N$$

$$\phi V_s = 0.75 \times 10630025.24 = 7972518.9N$$

$$\phi V_s > V_u$$

$$\phi V_s > V_u \text{ OK}$$

### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{fc}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{c_b + K_{tr}} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85 \sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732 \text{ mm}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyerdehanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A :  $1 \ l_d = 732 \text{ mm}$
- Sambungan kelas B :  $1,3 \ l_d = 951,6 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak 740 mm



### Hubungan Balok Kolom

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265N$$

$$T_1 = 760.3kN$$

$$T_2 = A''_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13kN$$

$$Mu = \sum M_g / 2$$

$$\sum Mg = 3787.3 + 1915.4 = 5702.7kN.m$$

$$Mu = 5702.7 / 2 = 2851.35kN.m$$

$$V_h = \frac{2Mu}{Ln} = \frac{5702.7}{8} = 712.8kN$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 712 = 412.6 kN$$

$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_g$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1200 \times 1900$$

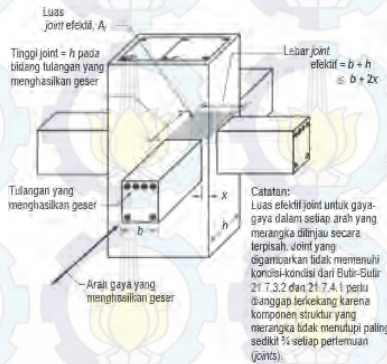
$$\phi V_c = 23296340N$$

$$\phi V_c = 2329634kN$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_x - x$$

HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.  
Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah I<sub>0</sub>.



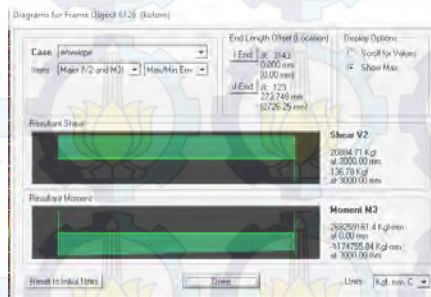
Gambar 8.28. Hubungan Balok Kolom K2

### 8.4.3. Perencanaan Kolom K3

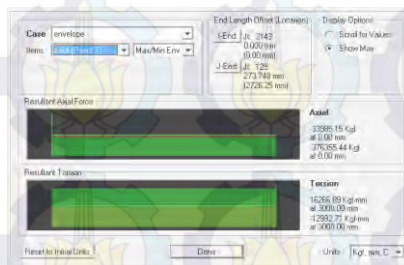
Data Perencanaan :

- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1000 mm
- Panjang kolom : 1000 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm
- Cover : 40 mm





Gambar 8.29. Gaya kolom hasil pemodelan struktur.

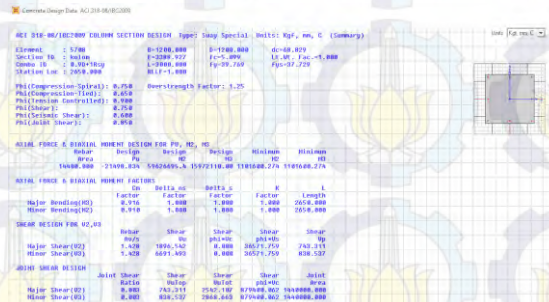


Gambar 8. 30. Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.

Dari data diatas didapatkan :

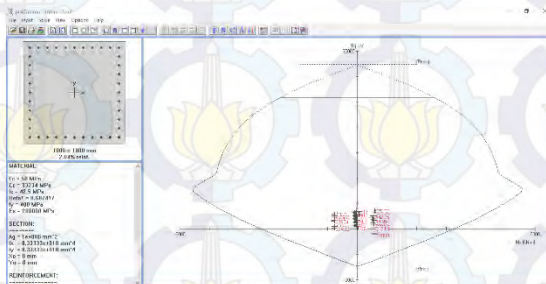
Pumax	: 376355 kg
Pumin	: 33985 kg
V	: 20884kg
Mumax	: 268259161 kg.mm
Mumin	: 1174755 kg.mm

## Perencanaan Tulangan longitudinal



Gambar 8. 31. Hasil concrete design kolom K3.

Dari hasil analisa diatas didapatkan rebar area sebesar 14400 mm<sup>2</sup>. Maka dipakai 40 D25 (19636 mm<sup>2</sup>).



Gambar 8. 32, Hasil diagram iterasi PCACOL K3.

Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - d' = 1200 - 263 = 937 \text{ mm}$$



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{19636 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1000} = 184.8 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kolom} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 19636 \times 400 \times \left( 937 - \frac{184.8}{2} \right)$$

$$Mpr_{kolom} = 6633789278 \text{ N.mm}$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $Mg_1 = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $Mg_2 = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut:

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg$$

$$\sum Me = \frac{Me_1 + Me_2}{\phi}$$

$$\sum Me = \frac{6633.8 + 6633.8}{0.65} = 20411.7 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 \text{ kN.m}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 \text{ kN.m}$$

$$20411.7 \text{ kN.m} > 8554.05 \text{ kN.m}$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

### Menentukan Daerah $I_0$

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi  $H = 0,05 L_n = 150 \text{ mm}$

- Seperenam bentang komponen struktur  
 $1/6L_n = 500 \text{ mm}$
- 450 mm  
 Maka dipakai jarak 500 mm

### **Spasi tulangan tranversal di $I_o$**

Spasi tulangan tranversal sepanjang  $I_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1000/4 = 250 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

- $S_o = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka dipakai 150 mm.

### **Pengekang kolom**

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y}$$

$$bc = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 908 \text{ mm}$$



$$A_{ch} = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 846400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right] = 2595.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} = 4290.3 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu 2595.3 mm<sup>2</sup>

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak 130 mm

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 22.9$  buah dibulatkan menjadi 23 buah.

Maka  $A_{sh}$  pakai =  $n \times A_s$  sengkang = 2601.2 mm<sup>2</sup>

### **Perencanaan Tulangan Geser Kolom**

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_u = \frac{\sum M_{pr \text{ balok}}}{l_n} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 \text{ N}$$

$$V_e = \frac{\sum Mpr_{kolom}}{ln} = \frac{6633789278 + 6633789278}{3000} = 44225262N$$

$$50\%Ve > Vu$$

$$50\% \times 44225262 > 67841.35$$

$$22112631N > 67841.35N \text{ OK}$$

$$Pu < \frac{Ag \times fc}{10}$$

$$3763550 < \frac{1000000 \times 50}{10}$$

$$3673550 < 50000000 \text{ OK}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{Nu}{1.4Ag} \right) \times \lambda \sqrt{fcbd}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{3673550}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} \times 1000 \times 937$$

$$Vc = 40818536N$$

Ash terpasang

$$Vs = \frac{Ash \times fy \times d}{s}$$

$$Vs = \frac{2595.3 \times 400 \times 937}{130} = 3890873.76N$$

$$\phi Vs = 0.75 \times 3890873.76 = 2918155.32N$$

$$\phi Vs > Vu$$

$$\phi Vs > Vu \text{ OK}$$



### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\frac{c_b + K_{tr}}{db}} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85\sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732 \text{ mm}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyerdehanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A : 1  $l_d = 732$  mm
- Sambungan kelas B : 1,3  $l_d = 951,6$  mm

Maka dipakai jarak 740 mm

### Hubungan Balok Kolom

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265N$$

$$T_1 = 760.3kN$$

$$T_2 = A''_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13kN$$

$$Mu = \sum M_g / 2$$

$$\sum M_g = 3787.3 + 1915.4 = 5702.7kN.m$$

$$Mu = 5702.7 / 2 = 2851.35kN.m$$

$$V_h = \frac{2Mu}{Ln} = \frac{5702.7}{8} = 712.8kN$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 712 = 412.6 kN$$

$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_j$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1200 \times 1900$$

$$\phi V_c = 23296340N$$



$$\phi V_c = 23296.34 \text{ kN}$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_x - x$$

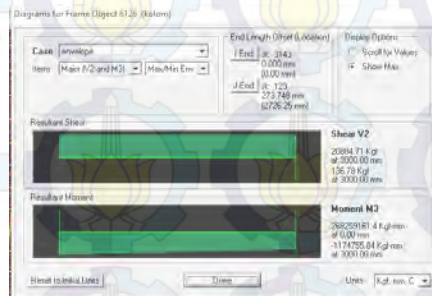
HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.

Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah  $I_0$ .

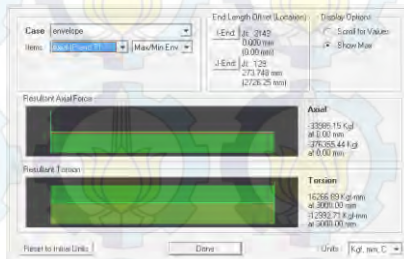
#### 8.4.4. Perencanaan Kolom K4

Data Perencanaan :

- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1000 mm
- Panjang kolom : 1000 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm
- Cover : 40 mm



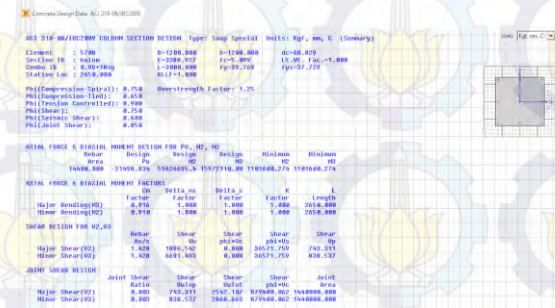
Gambar 8.33. Gaya kolom hasil pemodelan struktur.



Gambar 8.34. Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.  
Dari data diatas didapatkan :

P<sub>max</sub> : 376355 kg  
 P<sub>min</sub> : 33985 kg  
 V : 20884kg  
 M<sub>max</sub> : 268259161 kg.mm  
 M<sub>min</sub> : 1174755 kg.mm

### Perencanaan Tulangan longitudinal

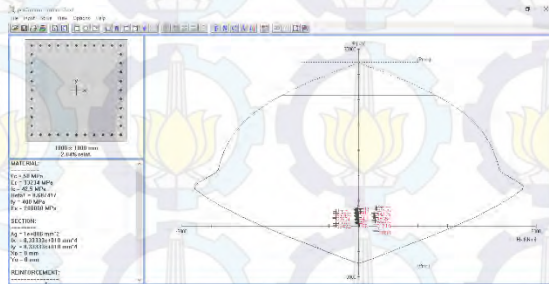


Gambar 8. 35.Hasil concrete design kolom.

Dari hasil analisa diatas didapatkan rebar area sebesar 14400 mm<sup>2</sup>. Maka dipakai 40 D25 (19636 mm<sup>2</sup>).



Gambar 8. 36, Hasil diagram iterasi PCACOL.



Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - d' = 1200 - 63 = 937 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{19636 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1000} = 184.8 \text{ mm}$$

$$M_{pr_{kolom}} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 19636 \times 400 \times \left( 937 - \frac{184.8}{2} \right)$$

$$M_{pr_{kolom}} = 6633789278 \text{ N.mm}$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $M_{g1} = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $M_{g2} = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut:

$$\sum M_e \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

$$\sum M_e = \frac{M_{e1} + M_{e2}}{\phi}$$

$$\sum M_e = \frac{6633.8 + 6633.8}{0.65} = 20411.7 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 \text{ kN.m}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 \text{ kN.m}$$

$$20411.7 \text{ kN.m} > 8554.05 \text{ kN.m}$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

### **Menentukan Daerah $I_0$**

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi  $H = 0.05 L_n = 150 \text{ mm}$
  - Seperenam bentang komponen struktur  $1/6 L_n = 500 \text{ mm}$
  - 450 mm
- Maka dipakai jarak 500 mm

### **Spasi tulangan transversal di $I_0$**

Spasi tulangan transversal sepanjang  $I_0$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1000/4 = 250 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm



Maka dipakai 150 mm.

### Pengekang kolom

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y}$$

$$bc = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 908 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 846400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right] = 2595.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} = 4290.3 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu 2595.3 mm<sup>2</sup>

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak 130 mm

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 22.9$  buah dibulatkan menjadi 23 buah.

Maka  $A_{sh}$  pakai =  $n \times A_s$  sengkang = 2601.2 mm<sup>2</sup>

### Perencanaan Tulangan Geser Kolom

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$Mpr = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$Mpr = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$Mpr = \phi As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_u = \frac{\sum Mpr_{balok}}{ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 712842 \text{ N}$$

$$V_e = \frac{\sum Mpr_{kolom}}{ln} = \frac{6633789278 + 6633789278}{3000} = 44225262 \text{ N}$$

$$50\% V_e > V_u$$

$$50\% \times 44225262 > 67841.35$$

$$22112631 \text{ N} > 67841.35 \text{ N OK}$$

$$Pu < \frac{Ag \times fc}{10}$$

$$3763550 < \frac{1000000 \times 50}{10}$$

$$3673550 < 5000000 \text{ OK}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{Nu}{1.4 Ag} \right) \times \lambda \sqrt{fcbd}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{3673550}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} \times 1000 \times 937$$

$$Vc = 40818536 \text{ N}$$



Ash terpasang

$$V_s = \frac{Ash \times fy \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{2595.3 \times 400 \times 937}{130} = 3890873.76N$$

$$\phi V_s = 0.75 \times 3890873.76 = 2918155.32N$$

$$\phi V_s > V_u$$

$$\phi V_s > V_u \text{ OK}$$

### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{fc}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\frac{c_b + K_{tr}}{db}} \right) db$$

Dimana ruas pengeangan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85\sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732mm$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan

untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyerdehanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan leawatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A :  $1 l_d = 732 \text{ mm}$
- Sambungan kelas B :  $1,3 l_d = 951,6 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak 740 mm

### **Hubungan Balok Kolom**

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265 \text{ N}$$

$$T_1 = 760.3 \text{ kN}$$

$$T_2 = A''_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13 \text{ kN}$$

$$Mu = \sum M_g / 2$$

$$\sum M_g = 3787.3 + 1915.4 = 5702.7 \text{ kN.m}$$

$$Mu = 5702.7 / 2 = 2851.35 \text{ kN.m}$$



$$V_h = \frac{2Mu}{L_n} = \frac{5702.7}{8} = 712.8 \text{ kN}$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 712 = 412.6 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_j$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1000 \times 1500$$

$$\phi V_c = 153265395 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 15326.5 \text{ kN}$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_{x-x}$$

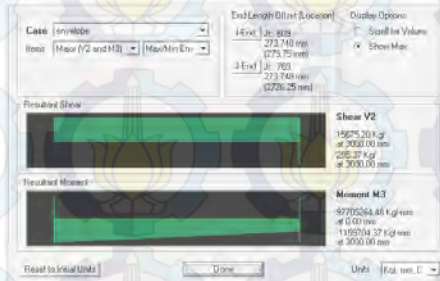
HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.

Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah  $I_0$ .

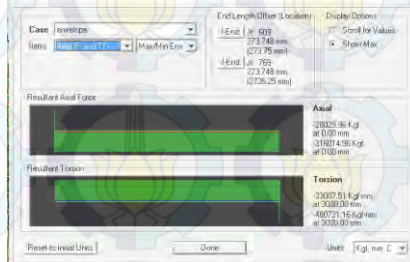
#### 8.4.5. Perencanaan Kolom K5

Data Perencanaan :

- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1000 mm
- Panjang kolom : 1000 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm
- Cover : 40 mm



Gambar 8.37. Gaya kolom hasil pemodelan struktur.



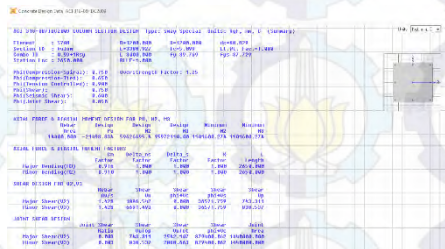
Gambar 8. 38. Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.

Dari data diatas didapatkan :

Pumax	: 316014 kg
Pumin	: 28029kg
V	: 15675.20kg
Mumax	: 97705264 kg.mm
Mumin	: 1156704 kg.mm

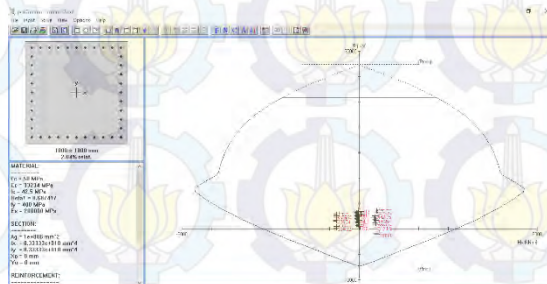


## Perencanaan Tulangan longitudinal



Gambar 8. 39. Hasil concrete design kolom.

Dari hasil analisa diatas didapatkan rebar area sebesar  $14400 \text{ mm}^2$ . Maka dipakai 28 D25 ( $13745.2 \text{ mm}^2$ ).



Gambar 8.40, Hasil diagram iterasi PCACOL.

Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$
$$d = 1000 - d' = 1200 - 63 = 937 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{13745.2 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1000} = 129.4 \text{ mm}$$

$$Mpr_{kolom} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 13745.2 \times 400 \times \left( 937 - \frac{129.4}{2} \right)$$

$$Mpr_{kolom} = 4795975184 N.mm$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $Mg_1 = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $Mg_2 = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut:

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg$$

$$\sum Me = \frac{Me_1 + Me_2}{\Phi}$$

$$\sum Me = \frac{4795.9 + 4795.9}{0.65} = 14756.8 kN.m$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 kN.m$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 kN.m$$

$$14756.8 kN.m > 8554.05 kN.m$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

### **Menentukan Daerah I<sub>0</sub>**

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi  $H = 0,05 L_n = 150 \text{ mm}$
  - Seperenam bentang komponen struktur  $1/6 L_n = 500 \text{ mm}$
  - 450 mm
- Maka dipakai jarak 500 mm



### Spasi tulangan tranversal di $I_o$

Spasi tulangan tranversal sepanjang  $I_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1000/4 = 250 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka dipakai 150 mm.

### Pengekang kolom

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y}$$

$$b_c = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 908 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 846400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right] = 2595.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} = 4290.3 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu 2595.3 mm<sup>2</sup>

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak 130 mm

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 22.9$  buah dibulatkan menjadi 23 buah.

Maka  $A_{sh}$  pakai =  $n \times A_s$  sengkang = 2601.2 mm<sup>2</sup>

### **Perencanaan Tulangan Geser Kolom**

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter 12 mm

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 3787336124 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 191539643 \text{ N.mm}$$

$$V_u = \frac{\sum M_{pr \text{ balok}}}{l_n} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 \text{ N}$$



$$V_e = \frac{\sum M_{pr\ kolom}}{\ln} = \frac{4795975184 + 4795975184}{3000} = 31973168N$$

$$50\%V_e > V_u$$

$$50\% \times 31973168 > 67841.35$$

$$15986584N > 67841.35N \text{ OK}$$

$$P_u < \frac{A_g \times f_c}{10}$$

$$3160140 < \frac{1000000 \times 50}{10}$$

$$3160140 < 5000000 \text{ OK}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{N_u}{1.4 A_g} \right) \times \lambda \sqrt{f_{cb} d}$$

$$V_c = 0.17 \times \left( 1 + \frac{3160140}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} \times 1000 \times 937$$

$$V_c = 36687968N$$

Ash terpasang

$$V_s = \frac{A_{sh} \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{2595.3 \times 400 \times 937}{130} = 64847896N$$

$$\phi V_s = 0.75 \times 64847896 = 48635922.7N$$

$$\phi V_s > V_u$$

$$\phi V_s > V_u \text{ OK}$$

### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\frac{c_b + K_{tr}}{db}} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85 \sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732 \text{ mm}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A :  $l_d = 732 \text{ mm}$
- Sambungan kelas B :  $1,3 l_d = 951,6 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak 740 mm

### **Hubungan Balok Kolom**

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm



$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265N$$

$$T_1 = 760.3kN$$

$$T_2 = A'_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13kN$$

$$Mu = \sum M_g / 2$$

$$Mu = 4795.9 / 2 = 2397.95kN.m$$

$$V_h = \frac{Mu}{Ln} = \frac{2397.95}{3} = 799.3kN$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 799.3 = 341.13 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_j$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1000 \times 1500$$

$$\phi V_c = 153265395N$$

$$\phi V_c = 15326.5kN$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_{x-x}$$

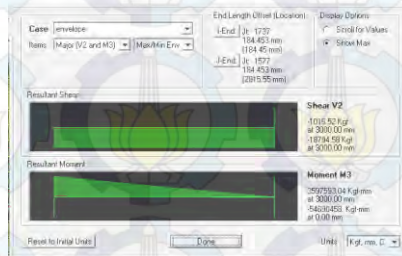
HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.

Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah I<sub>0</sub>.

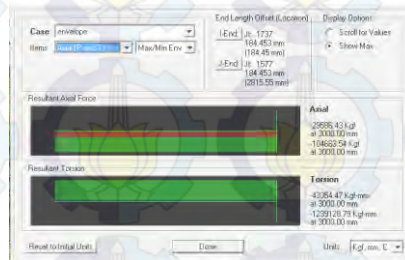
### 8.4.6. Perencanaan Kolom K6

Data Perencanaan :

- Tinggi kolom : 3000 mm
- Lebar kolom : 1000 mm
- Panjang kolom : 1000 mm
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan longitudinal : 25 mm
- D.tulangan sengkang : 12 mm
- Cover : 40 mm



Gambar 8.41. Gaya kolom hasil pemodelan struktur.



Gambar 8. 42. Gaya Kolom Hasil Pemodelan Struktur.





Dari diagram teraksi menggunakan program bantu PCACOL membuktikan bahwa kolom dan tulangan kuat terhadap kombinasi yang ada.

$$d' = 40 + 12 + \frac{1}{2} 22 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - d' = 1200 - 63 = 937 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{11781.6 \times 400}{0.85 \times 50 \times 1000} = 110.8 \text{ mm}$$

$$M_{pr_{kolom}} = \phi As \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 11781.6 \times 400 \times \left( 937 - \frac{110.8}{2} \right)$$

$$M_{pr_{kolom}} = 4154461612 \text{ N.mm}$$

Dan dari perhitungan sebelumnya didapatkan momen balok sebesar  $M_{g1} = 3787336124 \text{ kg.mm} = 3787.3 \text{ kN.m}$  dan  $M_{g2} = 191539643 \text{ kg.mm} = 1915.4 \text{ kN.m}$ . Maka untuk pengecekan *Strong column weak beam* didapat hasil seperti berikut:

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg$$

$$\sum Me = \frac{Me_1 + Me_2}{\phi}$$

$$\sum Me = \frac{4154.4 + 4154.4}{0.65} = 12782.7 \text{ kN.m}$$

$$\sum Mg = \frac{3787.3 + 1915.4}{0.8} = 7128.4 \text{ kN.m}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = 8554.05 \text{ kN.m}$$

$$12782.7 \text{ kN.m} > 8554.05 \text{ kN.m}$$

Maka Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.



### Menentukan Daerah $I_0$

- Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi  $H = 0,05 L_n = 150 \text{ mm}$
  - Seperenam bentang komponen struktur  $1/6 L_n = 500 \text{ mm}$
  - 450 mm
- Maka dipakai jarak 500 mm

### Spasi tulangan tranversal di $I_0$

Spasi tulangan tranversal sepanjang  $I_0$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur:  
 $1000/4 = 250 \text{ mm}$
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal:  
 $6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_0 = 100 + \left( \frac{350 - 448}{3} \right) = 67,33 \text{ mm}$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka dipakai 150 mm.

### Pengekang kolom

Luasan penampang total tulangan sengkang persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{s b_c \times f_c}{f_y}$$

$$b_c = b - 2 \times \text{cover} - \phi = 908 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \times \text{cover})^2 = 846400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} \left[ \left( \frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right] = 2595.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{420 \times 908 \times 50}{400} = 4290.3 \text{ mm}^2$$

Diambil nilai terkecil yaitu  $2595.3 \text{ mm}^2$

Dipakai sengkang kolom  $\phi 12$  dengan jarak  $130 \text{ mm}$

Jumlah tulangan =  $A_{sh}/A_s = 22.9$  buah dibulatkan menjadi 23 buah.

Maka  $A_{sh} \text{ pakai} = n \times A_s \text{ sengkang} = 2601.2 \text{ mm}^2$

### **Perencanaan Tulangan Geser Kolom**

Direncanakan menggunakan tulangan geser dengan diameter  $12 \text{ mm}$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 28.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = \phi A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 1520.53 \times 400 \times \left( 637 - \frac{28.6}{2} \right)$$

$$M_{pr} = 378733612.4 \text{ N.mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{760.265 \times 400}{0.85 \times 50 \times 500} = 14.31 \text{ mm}$$



$$Mpr = \phi 4s \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1 \times 760.265 \times 400 \times \left( 637 - \frac{14.31}{2} \right)$$

$$Mpr = 191539643 N.mm$$

$$Vu = \frac{\sum Mpr_{balok}}{\ln} = \frac{3787336124 + 191539643}{8000} = 71284.2 N$$

$$Ve = \frac{\sum Mpr_{kolom}}{\ln} = \frac{4154461612 + 4154461612}{3000} = 2769641.1 N$$

$$50\% Ve > Vu$$

$$50\% \times 2769641.1 > 67841.35$$

$$1384820.5 N > 67841.35 N \text{ OK}$$

$$Pu < \frac{Ag \times fc}{10}$$

$$1046635.4 < \frac{1000000 \times 50}{10}$$

$$3673550 < 5000000 \text{ OK}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{Nu}{1.4 Ag} \right) \times \lambda \sqrt{fcbd}$$

$$Vc = 0.17 \times \left( 1 + \frac{1046635.4}{1.4 \times 10^6} \right) \times \sqrt{50} \times 1000 \times 937$$

$$Vc = 284294.5 N$$

Ash terpasang

$$Vs = \frac{Ash \times fy \times d}{s}$$

$$Vs = \frac{2595.3 \times 400 \times 937}{130} = 6484789.6 N$$

$$\phi Vs = 0.75 \times 6484789.6 = 48635922.7 N$$

$$\phi Vs > Vu$$

$$\phi Vs > Vu \text{ OK}$$

### Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal

Data Perencanaan:

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\frac{c_b + K_{tr}}{db}} \right) db$$

Dimana ruas pengekanan  $(c_b + K_{tr})/db$  tidak boleh lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40 \times A_{tr}}{sn}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 0,85 \sqrt{50}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{40 + 0}{22}} \right) 22 = 732 \text{ mm}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti diisyaratkan untuk sambungan kelas A atau B tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana :

- Sambungan kelas A :  $1 \ l_d = 732 \text{ mm}$
- Sambungan kelas B :  $1,3 \ l_d = 951,6 \text{ mm}$

Maka dipakai jarak 740 mm



**Hubungan Balok Kolom**

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

bw balok : 420 mm

(3/4)bw balok : 315 mm

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_h$$

$$T_1 = A_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_1 = 1520.53 \times 1,25 \times 400 = 760265N$$

$$T_1 = 760.3kN$$

$$T_2 = A''_{sbalok} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = 760.265 \times 1,25 \times 400$$

$$T_2 = 380.13kN$$

$$Mu = \sum M_g / 2$$

$$\sum Mg = 3787.3 + 1915.4 = 5702.7kN.m$$

$$Mu = 5702.7 / 2 = 2851.35kN.m$$

$$V_h = \frac{2Mu}{Ln} = \frac{5702.7}{8} = 712.8kN$$

$$V_{x-x} = 760.3 + 380.13 - 692.4 = 448.03 kN$$

$$\phi V_c = \phi 1,7 \sqrt{f_c} \times A_j$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 1,7 \sqrt{50} \times 1000 \times 1500$$

$$\phi V_c = 153265395N$$

$$\phi V_c = 15326.5kN$$

Dari hasil tersebut :

$$\phi V_c > V_{x-x}$$

HBK cukup kuat menahan gaya yang terjadi.  
Menurut SNI-2847-2013, tulangan geser pada HBK cukup dipasang sama dengan daerah  $l_0$ .

## 8.5. Perencanaan Pelat

### 8.5.1. Perencanaan Pelat Atap

Data Perencanaan :

- Tebal Pelat : 120 mm
- $l_x$  : 8000 mm
- $l_y$  : 8000 mm
- $l_y/l_x$  : 1 (tulangan dua arah)
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan : 16 mm
- Cover : 20 mm
- $Q_u$  : 83 kg/m<sup>2</sup>

### Perhitungan Momen

Perhitungan momen menggunakan Peraturan Beton Indonesia 1971.

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 0.001 \times Q_u \times l_x^2 \times 36 \\ &= 0.001 \times 83 \times 8 \times 36 = 1.913 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 0.001 \times Q_u \times l_y^2 \times 36 \\ &= 0.001 \times 83 \times 8 \times 36 = 1.913 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Perhitungan Tulangan Arah X

$$M_u = 1.913 \text{ kNm} = 1913000 \text{ Nmm}$$

$$d' = 120 - 20 - (16/2) = 92 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.85 \times 50}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0542 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \times \rho_{\text{balance}} = 0.041$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.002$$



(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$m = \frac{fy}{0,85x f'c} = \frac{400}{0,85x 50} = 9,4$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1913000}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 0,282 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(9,4) \times 0,282}{400}} \right)$$

$$= 0,0007 < \rho_{perlu}$$

$$\rho_{pakai} = 0,002$$

$$As_{pakai} = \rho_{min} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 92$$

$$= 184 \text{ mm}^2$$

$$As_{tul.} = 201 \text{ mm}^2$$

$$n_{pakai} = 4 \text{ buah (per lebar 1000 mm)}$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

**Maka dipakai tulangan arah X D16-250**

**Perhitungan Tulangan Arah Y**

$$Mu = 1,913 \text{ kNm} = 1913000 \text{ Nmm}$$

$$d' = 120 - 20 - (16/2) = 92 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 50}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0542$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,041$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$m = \frac{fy}{0,85x f'c} = \frac{400}{0,85x 50} = 9,4$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1913000}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 0,282 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{9.4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(9.4) \times 0.282}{400}} \right) \\
 &= 0.0007 < \rho_{\text{perlu}} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.002 \\
 A_{s \text{ pakai}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0.002 \times 1000 \times 92 \\
 &= 184 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ tul.}} &= 201 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= 4 \text{ buah (per lebar 1000 mm)} \\
 S &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Maka dipakai tulangan arah Y D16-250**

### 8.1.2. Perencanaan Pelat Lantai

Data Perencanaan :

- Tebal Pelat : 120 mm
- $l_x$  : 8000 mm
- $l_y$  : 8000 mm
- $l_y/l_x$  : 1 (tulangan dua arah)
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 50 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- D.tulangan : 16 mm
- Cover : 20 mm
- $Q_u$  : 114 kg/m<sup>2</sup>

#### Perhitungan Momen

Perhitungan momen menggunakan Peraturan Beton Indonesia 1971.

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 0.001 \times Q_u \times l_x^2 \times 36 \\
 &= 0.001 \times 114 \times 8 \times 36 = 2.63 \text{ kNm} \\
 M_{uy} &= 0.001 \times Q_u \times l_y^2 \times 36 \\
 &= 0.001 \times 114 \times 8 \times 36 = 2.63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Tulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 2.63 \text{ kNm} = 2630000 \text{ Nmm} \\
 d' &= 120 - 20 - (16/2) = 92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\beta &= 0,85 \\ \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 50}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0542 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,041 \\ \rho_{\text{min}} &= 0,002\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 50} = 9,4 \\ R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2630000}{0,8 \times 1000 \times 92^2} \\ &= 0,388 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(9,4) \times 0,388}{400}} \right) \\ &= 0,001 < \rho_{\text{perlu}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= 0,002 \\ A_s_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 92 \\ &= 184 \text{ mm}^2 \\ A_s_{\text{tul.}} &= 201 \text{ mm}^2 \\ n_{\text{pakai}} &= 4 \text{ buah (per lebar 1000 mm)} \\ S &= 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

**Maka dipakai tulangan arah X D16-250**

### **Perhitungan Tulangan Arah Y**

$$\begin{aligned}Mu &= 2,63 \text{ kNm} = 2630000 \text{ Nmm} \\ d' &= 120 - 20 - (16/2) = 92 \text{ mm} \\ \beta &= 0,85 \\ \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 50}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0542 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,041 \\ \rho_{\text{min}} &= 0,002\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2.)

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 50} = 9,4 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2630000}{0,8 \times 1000 \times 92^2} \\
 &= 0,388 \text{ MPa} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{9,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(9,4) \times 0,388}{400}} \right) \\
 &= 0,001 < \rho_{\text{perlu}} \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,002 \\
 A_s_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 92 \\
 &= 184 \text{ mm}^2 \\
 A_s_{\text{tul.}} &= 201 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= 4 \text{ buah (per lebar 1000 mm)} \\
 S &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Maka dipakai tulangan arah Y D16-250**

## 8.6. Perencanaan Tangga

### 8.6.1 Perencanaan Tahanan dan Injakan

#### 1. Data Perencanaan Tahanan dan Injakan :

Tinggi Lantai 1 ke 2 : 300 cm  
 Tahanan (t) : 18,75 cm  
 Injakan (i) : 41,5 cm

Syarat Perencanaan Injakan, tahanan serta kemiringan tangga tersebut :

$$60 \leq 2T + i \leq 75$$

$$2T + i \leq 75 = (2 \times 18,75) + 41,5 = 73,75 \leq 75 \text{ (oke)}$$

#### 2. Data Perencanaan Bordes :

Lebar Tangga : 150 cm  
 Panjang tangga : 500 cm  
 Panjang Bordes : 150 cm  
 Jumlah tahanan (nT) :  $300/18,75 = 16 \text{ buah}$   
 Jumlah injakan (ni) :  $16 - 1 = 15 \text{ buah}$   
 Jumlah tahanan ke bordes : 8 buah



Lebar Bordes : 400 cm

### 8.6.2 Analisa Sturktur Tangga

Plat tangga :

Beban Mati (qd) :

$$\text{Berat sendiri pelat} : 0,14 \times 2400 / \cos 27^\circ = 377 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Tegel ( 1cm )} : 1 \times 24 \text{ kg/m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat spesi ( 2 cm )} : 2 \times 21 \text{ kg/m} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pegangan} = 30 \text{ kg/m}$$

$$qd = 473 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (ql) :

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 300 \text{ kg/m} \text{ (PPIUG 1983 Tabel 3.1)}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi Pembebanan : } qu &= 1.2 qd + 1.6 ql \\ &= 1.2 \times 473 + 1.6 \times 300 \\ &= 1047,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Plat Bordes :

Beban Mati (qd) :

$$\text{Berat sendiri pelat} : 0.14 \times 2400 \text{ kg/m} = 336 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Tegel (1cm)} : 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (2 cm)} : 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pegangan} = 30 \text{ kg/m}$$

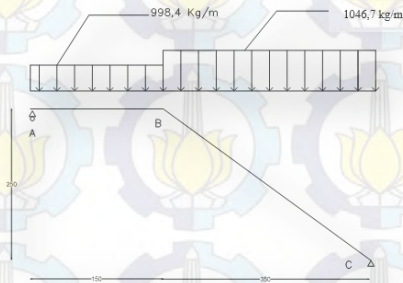
$$qd = 432 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (ql) :

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 300 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi Pembebanan : } qu &= 1.2 qd + 1.6 ql \\ &= 1.2 \times 432 + 1.6 \times 300 \\ &= 998,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Pada proses Analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tertentu dengan menggunakan perletakan sendi-Rol, Dimana pembebanan dan output seperti gambar dibawah ini :



Gambar 8.45. Pembebanan Tangga

$$\sum MC = 0$$

$$R_a \times 5 - ((998,4 \times 1,5) \times (1,5/2 + 3,5)) - ((1047,6 \times 3,5) \times (3,5/2)) = 0$$

$$R_a \times 5 - 6364,8 - 6698,202 = 0$$

$$R_a = 2612,6 \text{ Kg/m'}$$

$$\sum MA = 0$$

$$-R_c \times 5 + ((998,4 \times 1,5) \times (1,5/2)) + ((1047,6 \times 3,5) \times (1,5 + 3,5/2)) = 0$$

$$-R_c \times 5 + 13562,718 = 0$$

$$R_c = 2712,54 \text{ Kg/m'}$$

$$\sum V = 0$$

$$(2612,6 + 2712,54) - (998,4 \times 1,5 + 1093,584 \times 3,5) = 0$$

$$5325,14 - 5325,14 = 0 \text{ ( OK )}$$

### Perhitungan Gaya Lintang ( D )

Potongan A-B

$$D_x 1 = R_a - q_1 \times X_1 = 2612,6 - (998,4 \times X_1)$$

$$\text{Untuk } X_1 = 0 \quad D_a = 2612,6 \text{ Kg}$$

$$\text{Untuk } X_1 = 1,5\text{m} \quad D_b = 2612,6 - (998,4 \times 1,5) = 1115 \text{ kg}$$

Potongan B-C

$$D_x 2 = -R_c + q_2 \times X_2 = -2712,54 + (1046,7 \times X_2)$$

$$\text{Untuk } X_2 = 0 \quad D_c = -2712,54 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } X_2 = 3,5\text{m} \quad D_b = 1115,004 \text{ kg}$$

### Perhitungan Gaya Momen ( M )



Potongan A-B

$$M_x 1 = R_a.X1 - q1.X1 \cdot 1/2 X1 = (2612,6 \cdot X1) - (998,4 \cdot X1) \cdot 1/2 X1$$

Untuk  $X1 = 0$        $M_a = 0 \text{ Kg}$

Untuk  $X1 = 1,5\text{m}$        $M_b = (2612,6 \times 1,5) - (998,4 \times 1,5) \times \frac{1}{2} \times 1,5$   
 $= 2795,7 \text{ Kg}$

Potongan B-C

$$M_x 2 = R_c.X2 - q2.X2 \cdot 1/2 X2 = 2712,54 \cdot X2 - 1046,7 \cdot 1/2 X2^2$$

Untuk  $X2 = 0$        $M_c = 0 \text{ Kg}$

Untuk  $X2 = 3,5\text{m}$        $M_b = (2712,54 \times 3,5) - (1046,7 \times 1/2 \cdot 3,5^2)$   
 $= 2795,7 \text{ Kg}$

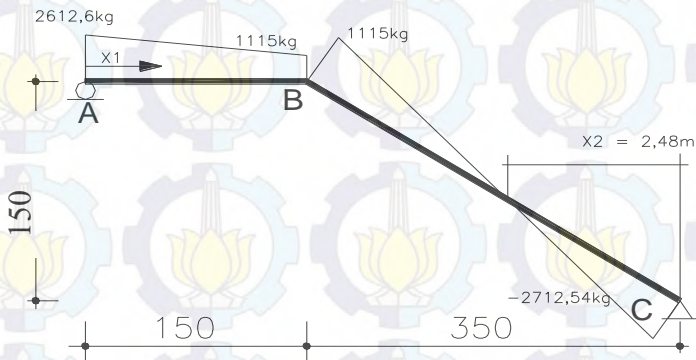
Momen maksimum yang terjadi pada tangga

Gaya Lintang (D)  $-R_c + q2 \cdot X2 = 0$

$$D_x 2 = 0 \quad -2712,54 + (1046,7 \cdot X2) = 0$$

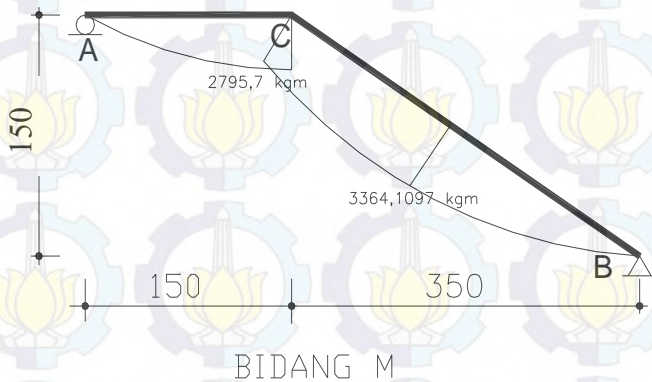
$$X2 = 2712,54 / 1046,7 = 2,48 \text{ m}$$

$M_{\max} = M_x 2 = R_c \cdot X - q2 \cdot X \cdot 1/2 X$  Terjadi ketika  $X = 2,48\text{m}$   
 $= (2712,54 \times 2,48) - (1093,584 \times 2,48 \times 1/2 \times 2,48) = 3364,1097 \text{ kg}$



BIDANG D

Gambar 8.46 Bidang Geser Tangga



*Gambar 8.47 Bidang Momen Tangga*

### 8.6.3 Perhitungan Tulangan Tangga

#### Penulangan Pelat tangga

Data Perencanaan :

- Momen Ultimate ( $M_u$ ) = 3364,1097 kgm  
= 33641097 Nmm
- Tebal Pelat Tanga = 140 mm
- Tebal Decking = 20 mm
- Diameter Tulangan rencana = 16 mm
- Mutu tulangan baja ( $F_y$ ) = 350 Mpa
- Mutu Beton ( $F'_c$ ) = 35 Mpa
- $b_1$  = 0,80 (Sesuai SNI 2847  
Pasal 10.2.7.3)

#### Penulangan Lentur :

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot b_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} = \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 35}{350} \cdot \frac{600}{(600 + 350)} =$$

0,0429 (SNI 2847 B.8.4.2)

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0429 = 0,0322$$



$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{350} = 0.004$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} = \frac{350}{0.85 \cdot 35} = 11,765$$

dx = Tebal Plat – Tebal decking – ½ Diameter Tulangan

$$dx = 140 - 20 - \frac{1}{2} \times 16 = 112 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0.8bd^2} = \frac{33641097}{0.8 \times 1000 \cdot 112^2} = 3,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perl}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\frac{1}{11,765} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 3,35}{350}} \right] = 0.0102$$

$$r_{\min} < r_{\text{perlu}} < r_{\max}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0102$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \times b \times d = 0,0102 \times 1000 \times 112 = 1142 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan lentur D16 – 160 (As = 1257)

Tulangan Pembagi

$$A_s \text{ Susut} = \rho_{\min} \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 140 = 280 \text{ mm}^2$$

(menentukan)

$$A_s \text{ Bagi} = 20\% \times A_s \text{ Perlu} = 0,2 \times 1142 = 229 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan  $\Phi 8$  – 160 (As = 314)

Kontrol Jarak Spasi tulangan

$$s_{\max} < 2h = 2 \times 140 = 280 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pasang}} = 280$$

### Penulangan Pelat Bordes

Data Perencanaan :

- Momen Ultimate = 2795,69 Kgm
- Tebal Pelat Tanga = 140mm
- Tebal Decking = 20 mm

- Diameter Tulangan rencana = 16 mm
- Mutu tulangan baja ( $F_y$ ) = 350 Mpa
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 35 Mpa

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot b_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} = \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 35}{350} \cdot \frac{600}{(600 + 350)} = 0,0429$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0429 = 0,0322$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{350}{0,85 \cdot 35} = 11,765$$

$dx$  = Tebal Plat – Tebal decking –  $\frac{1}{2}$  Diameter Tulangan

$$dx = 140 - 20 - \frac{1}{2} \times 16 = 112$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8bd^2} = \frac{27956900}{0,8 \times 1000 \cdot 112^2} = 2,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] =$$

$$\frac{1}{11,765} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 2,79}{350}} \right] = 0,0084$$

$$r_{\text{min}} < r_{\text{perlu}} < r_{\text{max}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0084$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \times b \times d = 0,0084 \times 1000 \times 112 = 941 \text{ mm}^2$$

**Digunakan Tulangan lentur D16 – 160 ( $A_s = 1257$ )**

Tulangan Pembagi

$$A_s \text{ Susut} = \rho \times b \times h = 0,004 \times 1000 \times 140 = 560 \text{ mm}^2$$

(menentukan)

$$A_s \text{ Bagi} = 20\% \times A_s \text{ Perlu} = 0,2 \times 940,8 = 188,16 \text{ mm}^2$$



### Dipasang tulangan $\Phi 8 - 200$ ( $A_s = 251$ )

Kontrol Jarak Spasi tulangan

$$S_{max} < 2h = 2 \times 140 = 280 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 280$$

### 8.6.4 Perhitungan Balok Bordes

Pembebanan Balok Bordes

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot b_l \cdot f'c}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} =$$

$$\frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 35}{350} \cdot \frac{600}{(600 + 350)} = 0,0429$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,0429 = 0,0322$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{350}{0,85 \cdot 35} = 11,765$$

### Beban Mati

Dari Perhitungan tangga (Reaksi) : = 2612,6 Kg/m

Berat sendiri Balok =  $0,40 \times 0,30 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}$

Beban Mati dinding =  $2,10 \times 250 = 525 \text{ Kg/m}$

Kombinasi Pembebanan :

$$Q_u = 1,2 \text{ qd} + R_a$$

$$Q_u = (1,2 \times 3425,6) + 2612,6 = 6723,32 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan Balok Bordes

Pada proses analisa struktur balok Bordes ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan Jepit-Jepit, dimana pembebanan dan output seperti dibawah ini :

200

b = 300 mm Tulangan utama = D 16mm

h = 400 mm Tulangan Senggang =  $\Phi$  8mm

$$y_1 = 40 + 8 + (\frac{1}{2} \times 16) = 56$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0429$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0322$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$y_2 = 40 + 8 + 16 + 25 + (\frac{1}{2} \times 16) = 97$$

$$y_o = ((4 \times Y_1) + (2 \times Y_2)) / 6$$

$$= ((4 \times 56) + (2 \times 97)) / 6 = 69,67$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{350}{0,85 \cdot 35} = 11,765$$

$$d = 400 - 69,67 = 330,33$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa} ; f_y = 350 \text{ Mpa}$$

Penulangan Lentur

$$M_u = \frac{1}{10} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{10} \cdot 67233200 \cdot 4^2 = 107573120 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{107573120}{0,8 \cdot 300 \cdot 330,33^2} = 4,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,765} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,765 \cdot 4,11}{350}} \right) = 0,0132$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0132$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0132 \times 300 \times 330,33 = 1313,72 \text{ mm}^2$$

**Digunakan Tulangan lentur 8D16 (As = 1608 mm<sup>2</sup>)**

**Digunakan tulangan tekan Praktis 2D16 (As = 402 mm<sup>2</sup>)**

$$S = \frac{300 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 8 - 4 \cdot 16}{4 - 1}$$

$$S = 60 \text{ mm}$$



**Penulangan Geser**

$$V_u = \frac{1}{2} \times q \times l$$

$$= \frac{1}{2} \times 6723,32 \times 4 = 13446,64 \text{ Kg} = 134466,4 \text{ N}$$

$$V_{u'} = \frac{134466,4 \times (300 - 20 - 52,233)}{300}$$

$$V_{u'} = 110695 \text{ N (sejarak d dari muka kolom)}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 330,33 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 330,33 = 73284,70 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 36642,35 \text{ N}$$

$$\phi V_{s_{\min}} = 0,75 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 24774,75 \text{ N}$$

Kondisi 3 :

$$\phi V_c \leq V_{u'} \leq (\phi V_c + \phi V_{s_{\min}})$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 330,33 = 33033 \text{ N}$$

**Dipasang Senggang 2 kaki 2 $\phi$ 8 180-120mm**

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\phi \times A_v \times f_y \times d}{\phi V_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{0,75 \times 100,53 \times 350 \times 330,33}{33033} = 263,89 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } S_{\max} < S/2 = 263,89/2 = 131,95 \text{ mm}$$

$$S_{\max} < 450 \text{ mm (SNI 2847 2013 pasal 21.6.4)}$$

Menggunakan spasi 120 mm, maka luas penampang senggang diperlukan :

$$A_{v_{\min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} = \frac{300 \times 120}{3 \times 350} = 34,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang senggang 2 kaki} \rightarrow 2\phi 8 \text{ dengan } A_v = 100,53 \text{ mm}^2 > 34,29 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya Geser Perlawanan Senggang :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,53 \times 350 \times 330,33}{120} = 96856,89 \text{ N}$$

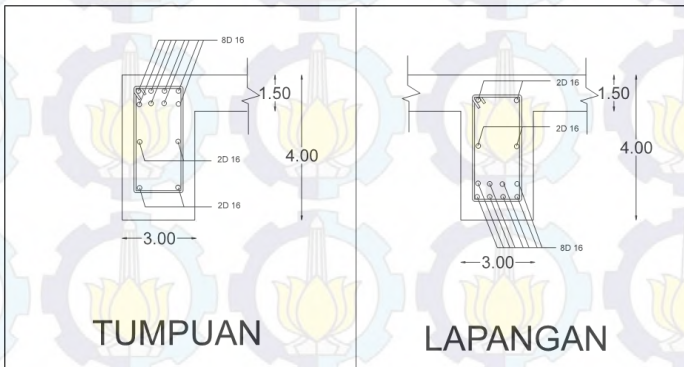
$$\phi V_s = 0,75 \times 96856,89 = 72642,66 \text{ N}$$

$$\phi V_s + \phi V_c = 72642,66 + 73284,70 = 145927,36 \text{ N}$$

$$\phi V_s + \phi V_c > \phi V_{s_{\min}} + \phi V_c$$

$$145927,36 > 24774,75 + 73284,70 = 98059,45 \text{ (OK)}$$

Dipasang sengkang  $\emptyset$  8 - 120 – 180mm



Gambar 8.48 Detail tulangan

Kontrol Retak Balok Anak Lantai

$$F_y = 350 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 40 \text{ mm (Menurut pasal 7.7.1)}$$

$$\phi_{\text{tulangan}} = 16 \text{ mm}$$

$$F_s = 2/3 \times F_y = 0,6 \times 350 = 210 \text{ MPa (Pasal 10.6.4)}$$

$$Y_1 = 30 + 8 + (\frac{1}{2} \times 16) = 46$$

$$Y_2 = 30 + 8 + 16 + 45 + (\frac{1}{2} \times 16) = 107$$

Dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$D_c = 64,67$$

A = luas efektif beton tarik disekitar lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan tersebut dibagi dengan jumlah batang tulangan

$$A = 8083,75 \text{ mm}^2$$

$$\omega \text{ (lebar retak)} = 11 \times 10^{-6} \beta f_s$$

$$= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 210 = 0,158$$

Nilai lebar retak tidak boleh melebihi 0.4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0.3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar



Spasi Max di permukaan tarik : (pasal 10.6.4)

$S = > S_{pakai} = 120 \text{ mm}$  (**OK**)

Kontrol Lendutan

Dalam SNI 03 2847 2013 Pasal 9 tabel 9.5(a)

disebutkan batas lendutan maksimum untuk Balok Bordes harus lebih kecil dari :

Untuk  $F_y 350 \rightarrow (0,4 + F_y/700) = 0,9$

Jadi : syarat  $\delta_{ijin} = 0,9 \times 16 = 14,4$

$\delta_{ijin} = \frac{L}{14,4} = \frac{4000}{14,4} = 277,78 \text{ mm} \rightarrow \delta_{ijin} < h \text{ balok} = 600 \text{ mm}$

(**OK**)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB IX**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **9.1. Umum**

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Apartemen Puncak Dharmahusada ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan dan perencanaan poer (pile cap).

#### **9.2. Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia di lapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

### 9.3. Kriteria Desain

#### Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*).
- Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi WIKA Pile sebagai berikut :
  - Diameter tiang = 450 mm
  - Tebal tiang = 80 mm
  - Kelas = A1
  - Luas beton = 929 cm<sup>2</sup>
  - Modulus Section = 7591,6 cm<sup>3</sup>
  - P<sub>ijin bahan</sub> = 149,5 ton

Sumber : PT. Wijaya Karya

### 9.4. Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (  $Q_p$  ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (  $Q_s$  ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 20 m.

#### Harga N koreksi

Harga N di bawah muka air tanah harus di koreksi menjadi N' berdasarkan perumusan sebagai berikut: (TERZAGHI & PECK)



$$N' = 15 + 0.5 (N - 15)$$

Dimana :

$N$  = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah

$N'$  = Narga  $N$  terkoreksi karena  $N$  dibawah muka air tanah

Untuk perhitungan bearing capacity tiang pondasi, dipakai metode Luciano Decourt (1982, 1996):

$$Q_L = Q_P + Q_S$$

Dimana :

$Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_P$  = Daya dukung pada dasar pondasi

$Q_S$  = Daya dukung akibat lekatan lateral

$$Q_P = \alpha q_p \times A_P = \alpha (\check{N}_P \times K) \times A_P$$

Dimana :

$\check{N}_P$  = Harga rata-rata SPT disekitar  $4B$  di atas hingga  $4B$  di bawah dasar tiang pondasi ( $B$  = diameter

$$\text{pondasi}) = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

$K$  = Koefisien karakteristik tanah:

12 t/m<sup>2</sup>, untuk lempung

20 t/m<sup>2</sup>, untuk lanau berlempung

25 t/m<sup>2</sup>, untuk lanau berpasir

40 t/m<sup>2</sup>, untuk pasir

$A_P$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan diujung tiang

$\alpha$  = base coefficient = 1,00 untuk driven pile

= 0,85 untuk bored pile

(pada tanah jenis clay)

= 0,6 untuk bored pile

(pada Intermediate soil)

= 0,5 untuk bore pile

(pada tanah jenis sands)

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s = \beta (\check{N}_s/3 + 1) \times A_s$$

Dimana :

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$

$\bar{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,  
dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_P$  = Keliling  $\times$  panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

B = shaft coefficient = 1,00 untuk driven pile  
= 0,80 untuk bored pile (pada tanah jenis clay)  
= 0,65 untuk bored pile (pada Intermediate soil)  
= 0,5 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

*Tabel 9. 1. Decourt & Quaresma.*

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
<b>1. Driven Pile</b>	1	1	1	1	1	1
<b>2. Bored Pile</b>	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
<b>3. Injected Pile</b>	1	3	1	3	1	3

(Decourt & Quaresma, 1978 & Decourt et al, 1996).

Dari data tanah yang ada, titik B2 dianggap yang menentukan karena mempunyai nilai rata-rata SPT yang terkecil. Untuk Desain awal diasumsikan kedalaman tertanam 3 joint tiang @ 6 meter adalah  $((3 \times 6) - 1) = 17$  meter



Tabel 9. 2. Borlog N-SPT titik B2

Depth m	Nspt
0	0
1	0
2	10
3	11.5
4	13
5	16
6	19
7	13
8	9
9	11
10	12
11	30
12	50
13	35
14	22
15	36
16	50
17	50
18	50
19	50
20	50
21	50



Maka berdasarkan data tanah tersebut diperoleh nilai  $N_p$  dan  $N_s$  pada kedalaman 17 m adalah sebagai berikut:

$$N_p = (36 + 50 + 50 + 50 + 50) / 5 = 47,2$$

$$N_s = \text{rata-rata sepanjang 17 m} = 22,79$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad Q_u &= Q_p + Q_s \\
 \blacksquare \quad Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= \alpha (N_p \cdot K) \cdot A_p \\
 &= 1(47,2 \times 40) \cdot 0,158
 \end{aligned}$$

$$= 298,3 \text{ ton}$$

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,158 \text{ m}^2$$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$\blacksquare Q_s = q_s \cdot A_s$$

$$= \beta \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

$$= 1 \left( \frac{22,79}{3} + 1 \right) \cdot 24,03$$

$$= 206,58 \text{ ton}$$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

$$= \pi \cdot 0,45 \cdot 17 = 24,03 \text{ m}^2$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_u}{SF} = \left( \frac{298,3 + 206,58}{3} \right) = 168,29 \text{ ton}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

### 9.5. Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu:

1. Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi
2. Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja.

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

$$Q_{\text{grup}} = Q_1 (1 \text{ tiang}) \cdot n \cdot C_e$$



$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta / S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

- $Q_{\text{grup}}$  = Daya dukung tiang pondasi grup  
 $Q_{\text{l 1 tiang}}$  = Daya dukung 1 tiang pondasi  
 $n$  = Jumlah tiang pondasi dalam satu grup  
 $C_e$  = Koefisien efisiensi  
 $\theta$  = diameter tiang pondasi  
 $S$  = Jarak as ke as antar tiang  
 $m$  = Jumlah baris

Apabila jarak antar tiang pancang dalam grup ( $S$ )  $\geq 3D$ , efisiensi daya dukung tiang tidak perlu diperhitungkan.

### 9.6. Repartisi beban-beban di atas tiang kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal ( $V$ ), horizontal ( $H$ ), dan momen ( $M$ ), maka besarnya beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

- $P_v$  = Beban vertikal ekivalen  
 $V$  = Beban vertikal dari kolom  
 $n$  = banyaknya tiang dalam grup  
 $M_x$  = momen terhadap sumbu x  
 $M_y$  = momen terhadap sumbu y  
 $x_{\max}$  = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang  
 $y_{\max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang  
 $\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group  
 $\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

## 9.7. Perhitungan Pondasi Tipe 1

### 9.7.1. Daya dukung satu tiang pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :  $\bar{P}_{\text{tiang}} = 149,5 \text{ ton.}$

- Daya dukung tanah :

$\bar{P}_{\text{tiang}} = 168,29 \text{ ton}$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 168.29 ton.

Perhitungan jarak tiang

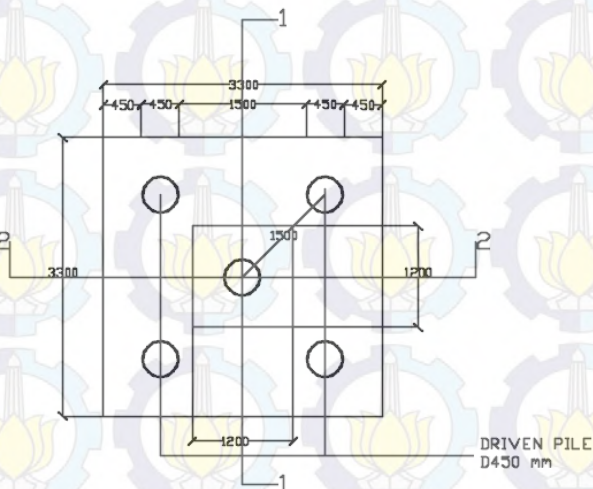
$2D \leq S \leq 2,5D$  dengan  $S$  = jarak antar tiang

$90 \leq S \leq 112,5$  dipakai  $S = 150 \text{ cm}$

$1D \leq S \leq 1,5D$  dengan  $S$  = jarak tepi

$45 \leq S \leq 67,5$  dipakai  $S = 45 \text{ cm}$

Direncanakan pondasi tiang dengan 5 tiang pancang. Jarak dari as ke as tiang adalah 1 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 9. 1. Podansi tiang pancang tipe 1



Karena jarak antar tiang pancang = 3D, maka efisiensi tiang pondasi dalam grup tidak diperhitungkan.

### 9.7.2 Perhitungan repartisi beban di atas tiang kelompok

Perhitungan elemen fondasi berdasarkan metoda tegangan ijin (SNI 1726 ps.4.2.3) dari hasil analisis SAP 2000 diperoleh:

Tabel 9. 3. joint reaction kolom tipe 1

Joint	OutputCase	CaseType	StepTy	F1	F2	F3	M1	M2
3027	D+L	Combination		198.09	-191.61	54032.75	-399676.4	631379.61
3027	D+0.75L	Combination		180.13	-174.23	49232.56	-364326.8	573996.45
3027	D+0.525Rsy+0.75L	Combination Max		1116.16	3281.12	76972.96	40093266.09	11378270.79
3027	D+0.525Rsy+0.75L	Combination Min		-755.9	-3629.58	21492.16	-40821920	-10230277.9
3027	D	Combination		126.26	-122.08	34831.98	-258278.02	401846.97
3027	D+0.525Rsx+0.75L	Combination Max		2870.13	1049.36	72964.86	13838585.94	31895932.48
3027	D+0.525Rsx+0.75L	Combination Min		-2509.87	-1397.81	25500.26	-14567239.6	-30747939.6
3027	D+0.7Rsx	Combination Max		3712.92	1509.37	66475.05	18678938.98	42164428.34
3027	D+0.7Rsx	Combination Min		-3460.41	-1753.53	3188.92	-19195495	-41360734
3027	D+0.7Rsy	Combination Max		1374.29	4485.06	71819.19	53685179.18	14807546.08
3027	D+0.7Rsy	Combination Min		-1121.78	-4729.21	-2155.22	-54201735	-14003852.1
3027	0.6D+0.7Rsx	Combination Max		3662.41	1558.2	52542.25	18782250.19	42003689.56
3027	0.6D+0.7Rsx	Combination Min		-3510.91	-1704.69	-10743.88	-19092183.8	-41521473
3027	0.6D+0.7Rsy	Combination Max		1323.79	4533.89	57886.39	53788490.39	14646807.3
3027	0.6D+0.7Rsy	Combination Min		-1172.29	-4680.38	-16088.01	-54098424	-14164590.9

Dari hasil analisa tersebut didapatkan reaksi yang diterima balok. Dari hasil analisa tersebut diambil kombinasi metode tegangan ijin maksimum yang paling besar.

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\sum y_i^2 = 4 (0,975)^2 = 3,8 \text{ m}^2$$

$$\sum x_i^2 = 4 (0,975)^2 = 3,8 \text{ m}^2$$

$$P_{0,6D+0,7Rsy} = \frac{57886.39}{5} + \frac{53788.5 \times 0,975}{3,8} + \frac{14646,8 \times 0,975}{3,8}$$

$$= 29136.33 \text{ kg}$$

$$P_{D+0,7Rsy} = \frac{1374.29}{5} + \frac{53685.2 \times 0,975}{3,8} + \frac{14807.5 \times 0,975}{3,8}$$

$$= 31937.62 \text{ kg (menentukan !)}$$

$$P_{D+0.525R_{sx}+0.75L} = \frac{76972.96}{5} + \frac{40093.2 \times 0.975}{3.8} + \frac{11378.3 \times 0.975}{3.8}$$

$$= 28601.1 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 31937.62 < Q_{\text{jini}} = 168290 \text{ kg} \quad (\text{OK...!})$$

### 9.7.3. Perencanaan Poer Pondasi Tipe 1

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- $P_{\max}$  ( 1 tiang )  $= 168.29 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang  $= 5 \text{ buah}$
- Tebal poer  $= 0,9 \text{ m}$
- Mutu beton ( $f_c'$ )  $= 35 \text{ MPa}$
- Mutu baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$
- Diameter tulangan  $= 22 \text{ mm}$
- Selimut beton  $= 50 \text{ mm}$
- Tinggi efektif (d)
- $d_x = 900 - 50 - \frac{1}{2} 22 = 839 \text{ mm}$
- $d_y = 900 - 50 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 817 \text{ mm}$

### 9.7.4. Kontrol geser pons

#### 1. Geser pons dua arah (*punching shear*)

##### • Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.



$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) =  $\frac{1000}{1000} = 1$

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2 (b_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (1000 + 839) + 2 (1000 + 839) = 6356$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 6356 \times 839$$

$$= 15774292 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 6356 \times 839$$

$$= 12832537,11 \text{ N (menentukan)}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 12832537,11$$

$$= 9624402,75 \text{ N}$$

$$V_{ult} = P_u \times SF$$

$$V_{ult} = 31937,62 \times 1,5 = 47906,43 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 962440,2 \text{ kg} > V_{ult} (47906,43 \text{ kg})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$$\beta_c = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)} = \frac{450}{450} = 1$$

$B_o$  = keliling dari penampang kritis poer  
 $= 2827,43 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 2827,43 \times 839 \\ &= 7017111,37 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 2827,43 \times 839 \\ &= 4678068,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times \text{N} = 5262833,52 \text{ N}$$

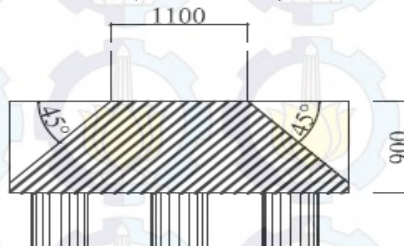
$$V_{ult} = P_u \times SF$$

$$V_{ult} = 168290 \times 1,5 = 252435 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 5262833,52 \text{ Kg} > V_{ult} (252435 \text{ kg})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

## 2. Geser pons satu arah (*direct shear*)



Gambar 9.2 Geser Pons satu Arah Tipe PC5



Tidak terjadi kegagalan geser satu arah karena tiang pancang masuk didalam area geser pons satu arah akibat kolom

### 9.7.5. Analisis daya dukung lateral

Perhitungan daya dukung lateral tiang digunakan rumusan Tomlinson untuk free headed pile :

$$H_u = M_u / (e + Z_f)$$

Dimana :

$H_u$  = Daya dukung lateral tiang

$M_u = U \cdot Z$

$U$  = Tegangan beton

$Z$  = Section modulus

$e$  = jarak antara lateral load bekerja dengan muka tanah

$Z_f = 1,4 R$  (untuk stiff over consolidated)

$Z_f = 1,8 T$  (untuk normally consolidated clay)

$$M_u = 350 \cdot 7591,60$$

$$= 2657060 \text{ kg.cm}$$

$$e = 100 \text{ cm}$$

karena tanah yang digunakan sebagai pondasi adalah pasir, maka faktor  $Z_f$  dipakai 1,8 T

$$T = \sqrt[5]{EI/n1}$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{35} = 27805,6 \text{ Mpa} = 278056 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 0,25 \cdot \pi \cdot r^4$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (45^4 - 29^4)$$

$$= 2663775 \text{ cm}^4$$

$$n1 = 7 \text{ ton/ft}^3 = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = \sqrt[5]{278056 \cdot 2663775 / 0,25}$$

$$= 312$$

$$Z_f = 1,8 \cdot T = 1,8 \cdot 312 = 561 \text{ cm}$$

$$H_u = 2657060 / (100 + 561)$$

$$= 4019,7 \text{ kg}$$

Gaya lateral tiang didapat dari hasil resultan antara gaya horizontal arah x dan arah y.

$$H_{\max} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

$$= \sqrt{3712.92^2 + 4533.89^2}$$

$$= 5859,61 \text{ kg}$$

$$T_{\text{tiang}} = H_{\text{max}} / n$$

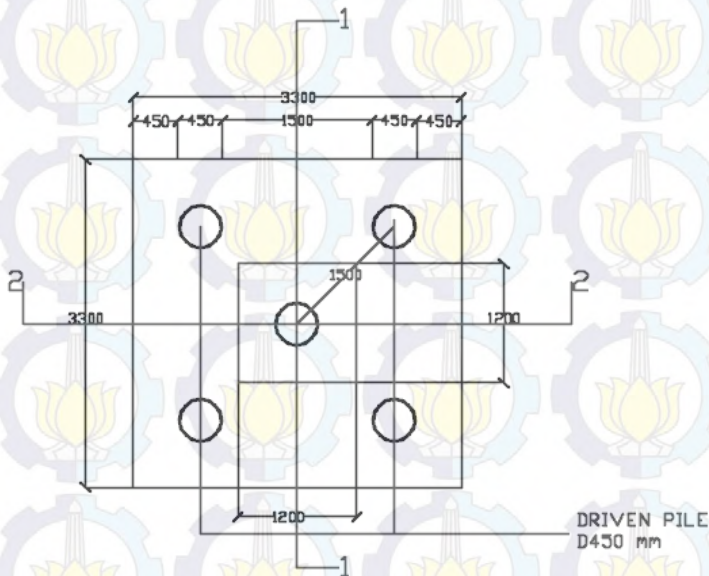
$$= 5859,62 / 5$$

$$= 1171,92 \text{ kg}$$

$$H_u > T_{\text{tiang}} \quad (\text{OK...!})$$

### 9.7.6. Penulangan Poer Tipe 1

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok *kantilever* dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 9.3 Analisis Poer PC5 sebagai Balok Kantilever Arah X



$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,44$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,814 \times 35}{400} = 0,06$$

$$\rho_{Max} = 0,75 \times \rho_{Balance} = 0,045$$

$$\rho_{Min} = 0,002$$

Penulangan lentur arah x

Momen ultimate yang bekerja :

$$\begin{aligned} M &= (2 \times \text{Pizin tiang} \times L \times SF) \\ &= (2 \times 168290 \times 0,475 \times 1,5) \\ &= 239.81 \text{ tm} = 239.81 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = 900 - 50 - \frac{1}{2} 22 = 839 \text{ mm}$$

$$d_y = 900 - 50 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 817 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{239.81 \times 10^7}{0,8 \times 3300 \times 839^2} = 1,29$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 1,29}{400}} \right) \\ &= 0,0023 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu} > \rho_{Min} \text{ dipakai } \rho_{perlu} = 0,0033$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = 0,0033 \times 3300 \times 839$$

$$A_s = 9134,66 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 120 (10453,64 mm<sup>2</sup>)

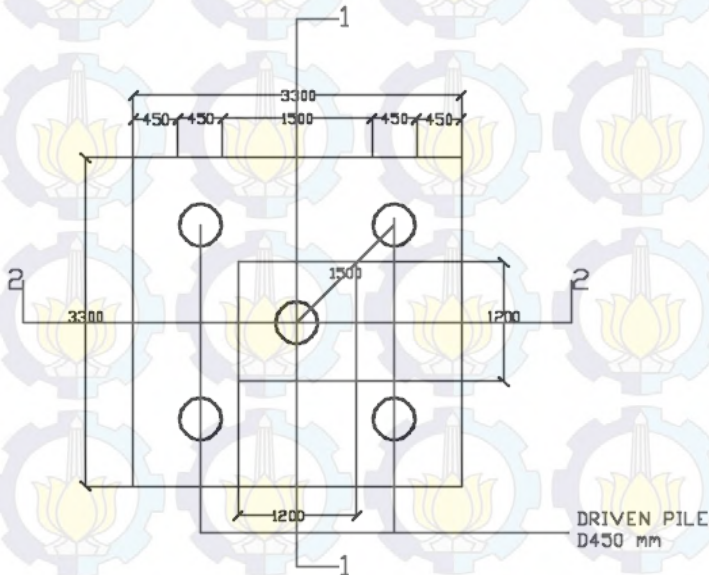
Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = \rho_{Min} \times b \times d_x$$

$$A_s' = 0,002 \times 3300 \times 839$$

$$A_s' = 5537,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 200 ( $A_s=6272,19\text{mm}^2$ )



Gambar 9.4 Analisis Poer PC5 sebagai Balok Kantilever Arah Y

Penulangan lentur arah y

Momen ultimate yang bekerja :

$$M = (2 \times P_{izin\ tiang} \times L \times SF)$$

$$= (2 \times 168290 \times 0,475 \times 1,5)$$

$$= 239.81 \text{ tm} = 239.81 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 900 - 50 - \frac{1}{2} 22 = 839 \text{ mm}$$

$$d_y = 900 - 50 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 817 \text{ mm}$$



$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{239.81 \times 10^7}{0.8 \times 3300 \times 839^2} = 1.29$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.44 \times 1.29}{400}} \right) \\ &= 0.0023 \\ \rho_{perlu} &> \rho_{Min} \text{ dipakai } \rho_{perlu} = 0.0033 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = 0.0033 \times 3300 \times 839$$

$$A_s = 9134.66 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 120 (10453,64 mm<sup>2</sup>)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = \rho_{Min} \times b \times d_x$$

$$A_s' = 0.002 \times 3300 \times 839$$

$$A_s' = 5537.4 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 200 (A<sub>s</sub>=6272,19mm<sup>2</sup>)

## 9.8. Perhitungan Pondasi Tipe 2

### 9.8.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi

WIKA), didapat :  $\bar{P}_{1\text{tiang}} = 149,5 \text{ ton.}$

- Daya dukung tanah :

$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 168,29 \text{ ton}$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 168,29 ton.

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 2,5D$  dengan  $S$  = jarak antar tiang

$90 \leq S \leq 112,5$  dipakai  $S = 125$  cm

$1D \leq S \leq 1,5D$  dengan  $S$  = jarak tepi

$45 \leq S \leq 67,5$  dipakai  $S = 60$  cm

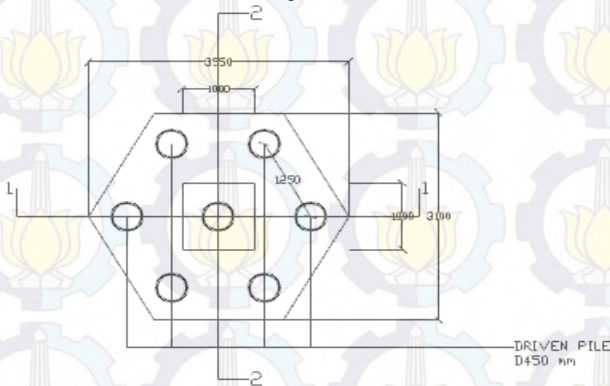
Direncanakan pondasi tiang dengan 7 tiang pancang. Jarak dari as ke as tiang adalah 1,25 meter.

Karena jarak antar tiang pancang =  $3D$ , maka efisiensi tiang pondasi dalam grup tidak diperhitungkan.

### 9.8.2. Perhitungan repartisi beban di atas tiang kelompok

Perhitungan elemen fondasi berdasarkan metoda tegangan ijin (SNI 1726 ps.4.2.3)

Dari hasil analisis SAP 2000, diperoleh:



Tabel 9. 4. joint reaction pondasi tipe 2

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	StepTyp	F1	F2	F3	M1	M2
3075	D+L	Combination		44.72	30.88	780501.21	-1014498.26	685420.95
3075	D+0.75L	Combination		40.66	28.09	710774.72	-923321.39	623102.74
3075	D+0.525Rsy+0.75L	Combination	Max	1047.28	2662.35	710813.14	29076285.7	11740635.18
3075	D	Combination		28.47	19.7	501595.27	-649790.79	436148.11
3075	D+0.525Rsx+0.75L	Combination	Max	2898.8	947.95	710817.38	9471691.37	32335881.32
3075	D+0.7Rsx	Combination	Max	3839.33	1246.18	501652.14	13210226.23	42719852.88
3075	D+0.7Rsy	Combination	Max	1370.63	3532.04	501646.5	39349685.33	15259524.7
3075	0.6D+0.7Rsx	Combination	Max	3827.94	1238.3	301014.03	13470142.54	42545393.64
3075	0.6D+0.7Rsy	Combination	Max	1359.25	3524.16	301008.39	39609601.65	15085065.45

(Sumber: Hasil Analisa)



Dari hasil analisa tersebut didapatkan reaksi yang diterima balok. Dari hasil analisa tersebut diambil kombinasi metode tegangan ijin maksimum yang paling besar.

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_{x,y_i}}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_{y,x_i}}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\sum y_i^2 = 4 (0,625)^2 + 2 (1,25)^2 = 4,6875 \text{ m}^2$$

$$\sum x_i^2 = 4 (1,083)^2 = 4,69 \text{ m}^2$$

$$P_{0,6D+0,7R_{sy}} = \frac{301008,39}{7} + \frac{39609,6 \times 1,25}{4,6875} + \frac{15085,1 \times 1,083}{4,69}$$

$$= 56327,16 \text{ kg}$$

$$P_{D+0,7R_{sy}} = \frac{501646,5}{7} + \frac{39349,69 \times 1,25}{4,6875} + \frac{15259,52 \times 1,083}{4,69}$$

$$= 85680,72 \text{ kg}$$

$$P_{D+0,525R_{sx}+0,75L} = \frac{710817,38}{7} + \frac{9471,7 \times 1,25}{4,6875} + \frac{32335,88 \times 1,083}{4,69}$$

$$= 111538,03 \text{ kg (menentukan !)}$$

$$P_{\max} = 111538,03 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 168290 \text{ kg} \quad (\text{OK...!})$$

### 9.8.3. Perencanaan poer pada pondasi tipe 2

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- $P_{\max}$  ( 1 tiang ) = 168,29 ton
- Jumlah tiang pancang = 7 buah
- Tebal poer = 1 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 50 mm
- Tinggi efektif ( $d$ )

$$d_x = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 22 = 939 \text{ mm}$$

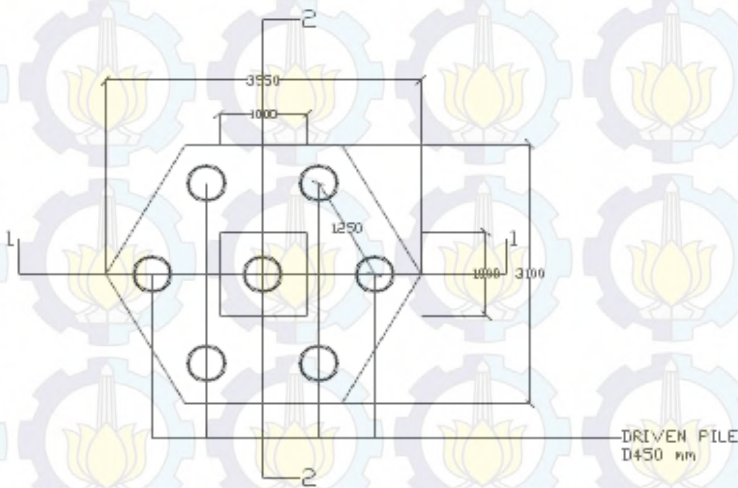
$$d_y = 1000 - 50 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 917 \text{ mm}$$

#### 9.8.4. Kontrol Geser Pons

##### 1. Geser pons dua arah (*punching shear*)

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.



Gambar 9.5 Geser Pons Dua Arah Pada Pondasi Tipe PC7

$$\phi V_c = \left( 1 + \frac{2}{\beta c} \right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau



$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$$\beta_c = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)} = \frac{1000}{1000} = 1$$

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(b_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2(1000 + 939) + 2(1000 + 939) = 7756$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 7756 \times 939$$

$$= 21543061,4 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 7756 \times 939$$

$$= 14362040,93 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 14362040,93$$

$$= 10771530,7 \text{ N}$$

$$V_{ult} = P_u \times SF$$

$$V_{ult} = 111538,03 \times 1,5 = 167307,05 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 1077153,07 \text{ kg} > V_{ult} (167307 \text{ kg})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah

$$\text{beban terpusat}) = \frac{450}{450} = 1$$

$$B_o = \text{keliling dari penampang kritis poer} \\ = 2827,43 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 2827,43 \times 939 \\ = 7853477,45 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 2827,43 \times 939 \\ = 5235645,36 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 5235645,36 = 3926734,02 \text{ N}$$

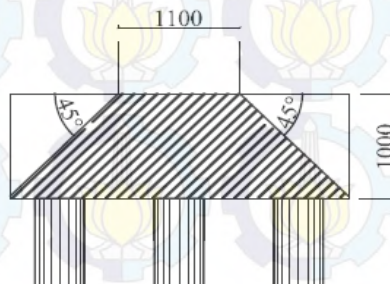
$$V_{ult} = P_u \times SF$$

$$V_{ult} = 111538,03 \times 1,5 = 167307,05 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 4518876,56 \text{ kg} > V_{ult} (167307,05 \text{ kg})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons dua arah akibat pancang.

## 2. Geser pons satu arah (*direct shear*)



Gambar 9.6 Geser Pons satu Arah Tipe PC7



Tidak terjadi kegagalan geser satu arah karena tiang pancang masuk didalam area geser pons satu arah akibat kolom

### 9.8.5. Analisis daya dukung lateral

Perhitungan daya dukung lateral tiang digunakan rumusan Tomlinson untuk free headed pile :

$$H_u = M_u / (e + Z_f)$$

Dimana :

$H_u$  = Daya dukung lateral tiang

$M_u = U \cdot Z$

$U$  = Tegangan beton

$Z$  = Section modulus

$e$  = jarak antara lateral load bekerja dengan muka tanah

$Z_f = 1,4 R$  (untuk stiff over consolidated)

$Z_f = 1,8 T$  (untuk normally consolidated clay)

$M_u = 350 \cdot 7591,60$

$= 2657060 \text{ kg.cm}$

$e = 100 \text{ cm}$

karena tanah yang digunakan sebagai pondasi adalah pasir, maka faktor  $Z_f$  dipakai 1,8 T

$$T = \sqrt[5]{EI/n1}$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{35} = 27805,6 \text{ Mpa} = 278056 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 0,25 \cdot \pi \cdot r^4$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (45^4 - 29^4)$$

$$= 2663775 \text{ cm}^4$$

$$n1 = 7 \text{ ton/ft}^3 = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = \sqrt[5]{278056 \cdot 2663775 / 0,25}$$

$$= 312$$

$$Z_f = 1,8 \cdot T = 1,8 \cdot 312 = 561 \text{ cm}$$

$$H_u = 2657060 / (100 + 561)$$

$$= 4019,7 \text{ kg}$$

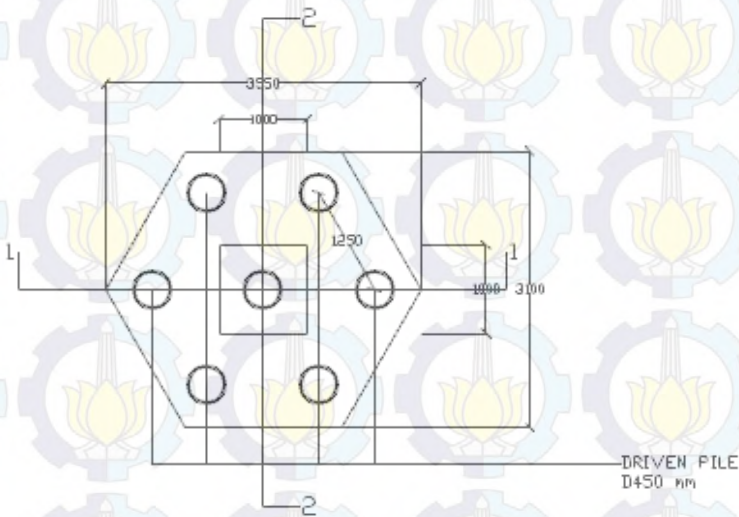
Gaya lateral tiang didapat dari hasil resultan antara gaya horizontal arah x dan arah y.

$$H_{\max} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{3839,33^2 + 3532,04^2} \\
 &= 5216,87 \text{ kg} \\
 T_{\text{tiang}} &= H_{\text{max}} / n \\
 &= 5216,87 / 7 \\
 &= 745,26 \text{ kg} \\
 H_u &> T_{\text{tiang}} \quad (\text{OK...!})
 \end{aligned}$$

### 9.8.6. Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok *kantilever* dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 9.7 Analisis Poer PC7 sebagai Balok Kantilever Arah X

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,44$$



$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,814 \times 35}{400} = 0,06$$

$$\rho_{Max} = 0,75 \times \rho_{Balance} = 0,045$$

$$\rho_{Min} = 0,002$$

Penulangan lentur arah x

Momen ultimate yang bekerja :

$$M = (2 \times \text{Pizin tiang} \times L \times SF)$$

$$= (2 \times 168290 \times 0,545 \times 1,5)$$

$$= 275,2 \text{ tm} = 275,2 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$dx = 1000 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 939 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 - 50 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 917 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{275,2 \times 10^7}{0,8 \times 2900 \times 939^2} = 1,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 1,35}{400}} \right) \\ &= 0,002756 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu} > \rho_{Min} \text{ dipakai } \rho_{perlu} = 0,0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As = \rho \times b \times d_x$$

$$As = 0,0034 \times 2900 \times 939$$

$$As = 9258,54 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 120 (9498,5 mm<sup>2</sup>)

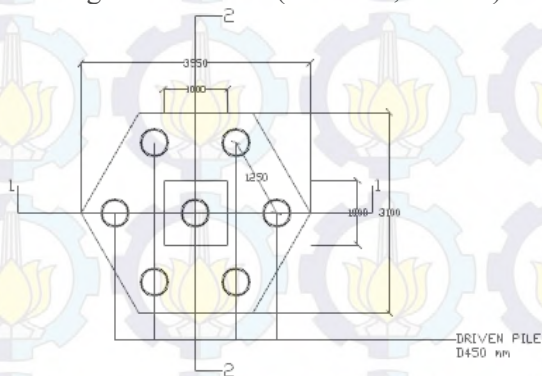
Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As' = \rho_{Min} \times b \times d_x$$

$$As' = 0,002 \times 2900 \times 939$$

$$As' = 5446,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 200 ( $As=6272,19 \text{ mm}^2$ )



Gambar 9.8 Analisis Poer PC7 sebagai Balok Kantilever Arah Y

Penulangan lentur arah y

$$\begin{aligned} M &= (1 \times \text{Pizin tiang} \times L \times SF) + (2 \times \text{Pizin tiang} \times L \times SF) \\ &= (1 \times 168290 \times 0,7 \times 1,5) + (2 \times 168290 \times 0,075 \times 1,5) \\ &= 214,57 \text{ tm} = 214,57 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$dx = 1000 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 939 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 - 50 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 917 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{214,57 \times 10^7}{0,8 \times 3100 \times 917^2} = 1,03$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 1,03}{400}} \right)$$

$$= 0,0021$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{Min}} \text{ dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0026$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As = \rho \times b \times d_y$$



$$= 0,0026 \times 3100 \times 917$$

$$= 7391,02 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 120 (9878,44 mm<sup>2</sup>)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As' = \rho_{Min} \times b \times d_y$$

$$As' = 0,002 \times 3100 \times 917$$

$$As' = 5685,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 – 200 (As=6272,19 mm<sup>2</sup>)

### 9.9. Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

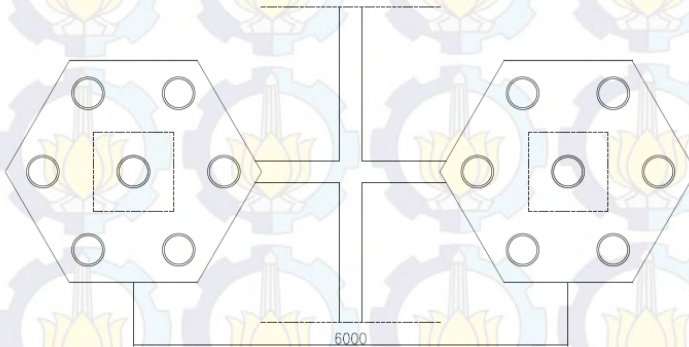
Dimensi sloof	:	b	= 400 mm
		h	= 600 mm
		Ag	= 240000 mm <sup>2</sup>
Mutu bahan	:	f'c	= 35 MPa
		fy	= 400 MPa

Selimut beton	= 40 mm
---------------	---------

Tul. sengkang	= Ø10
---------------	-------

Tul. utama	= D25
------------	-------

Tinggi efektif (d)	= 600 – (40 + 10 + ½ . 25) = 537.5 mm
--------------------	---------------------------------------



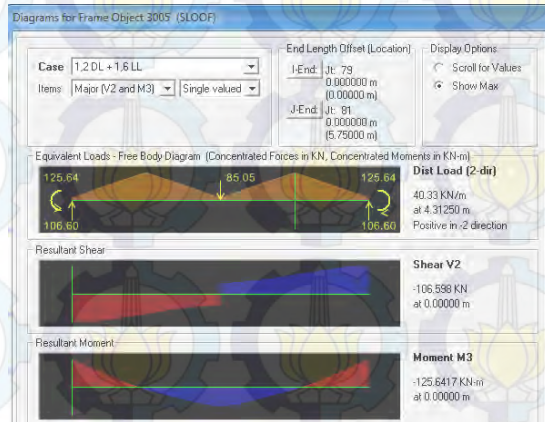
Gambar 9.9 Sloof yang ditinjau

### 9.9.1. Penulangan Sloof Penulangan Lentur Sloof

Menurut Peraturan Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987 Pasal 2.2.8 yaitu pondasi dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam dua arah yang pada umumnya saling tegak lurus oleh unsur-unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10 % dari beban vertical maksimum pada pembebanan dengan gempa pada salah satu pondasi yang dihubungkan.

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun gaya dalam pada sloof adalah:





Gambar 9.10 Hasil Output Momen dan Geser Pada Sloof

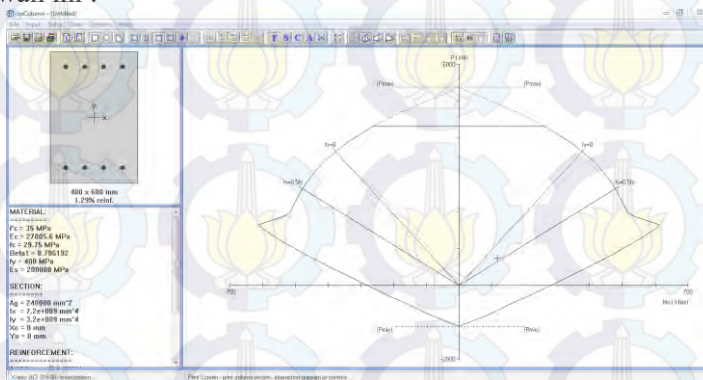
Lalu menggunakan program PCACol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% \times 7453,7 \text{ kN} = 745,4 \text{ kN}$$

$$M = 125 \text{ kNm}$$

$$V = 106 \text{ kN}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 9.11 Diagram Interaksi Balok Sloof 40/60

Dari diagram interaksi untuk :

$$f'_c = 35$$

$$f_y = 400 \text{ didapat } \rho = 1,29\%$$

$$\text{Dipasang Tulangan } 8 \text{ D } 25 (A_s = 3927 \text{ mm}^2)$$

### 9.9.2. Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847 2012 Pasal 11.2.1.2 Penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b.d \\ &= \left( 1 + \frac{745400}{14 \times 240000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 400 \times 537,5 \\ &= 259022,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c = 155413 \text{ N} > 106000 \text{ N}$$

Karena  $V_u < \phi V_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser

Jadi dipasang tulangan geser  $\emptyset 10 - 200$



## BAB X PENUTUP

### 10.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :

- Dimensi Balok :
  - B1
    - 500x700
    - Tulangan tarik 4D22
    - Tulangan tekan 2D22
    - Tulangan geser  $\varnothing 12-130, \varnothing 12-150$
  - B2
    - 400x600
    - Tulangan tarik 3D22
    - Tulangan tekan 2D22
    - Tulangan geser  $\varnothing 12-130, \varnothing 12-150$
  - B3
    - 450x650
    - Tulangan tarik 4D22
    - Tulangan tekan 2D22
    - Tulangan geser  $\varnothing 12-130, \varnothing 12-150$
- Dimensi Kolom :
  - K1
    - 1200x1200
    - Tulangan longitudinal 40D25
    - Tulangan geser  $\varnothing 12-100$
  - K2
    - 1200x1200
    - Tulangan longitudinal 32D25
    - Tulangan geser  $\varnothing 12-100$

- K3
  - 1000x1000
  - Tulangan longitudinal 40D25
  - Tulangan geser  $\varnothing$ 12-100

- K4
  - 1000x1000
  - Tulangan longitudinal 28D25
  - Tulangan geser  $\varnothing$ 12-100

- K5
  - 1000x1000
  - Tulangan longitudinal 28D25
  - Tulangan geser  $\varnothing$ 12-100

- K6
  - 1000x1000
  - Tulangan longitudinal 24D25
  - Tulangan geser  $\varnothing$ 12-100

• Dimensi Pelat :

- Pelat Atap
  - Tebal 120mm
  - Tulangan arah X  $\varnothing$ 16-250
  - Tulangan arah Y  $\varnothing$ 16-250

- Pelat Lantai
  - Tebal 120mm
  - Tulangan arah X  $\varnothing$ 16-250
  - Tulangan arah Y  $\varnothing$ 16-250

• Dimensi Pile Cap:

- P1
  - Dimensi 900mm x 3300mm x 3300mm
  - Tulangan arah X tarik D22-120
  - Tulangan arah X tekan D22-200
  - Tulangan arah Y tarik D22-120
  - Tulangan arah Y tekan D22-200



• P2

- Dimensi 1000mm x 3550mm x 3100mm
- Tulangan arah X tarik D22-120
- Tulangan arah X tekan D22-200
- Tulangan arah Y tarik D22-120
- Tulangan arah Y tekan D22-200

2. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKA Beton dengan D = 45 cm (tipe A1) dengan kedalaman 18 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).
3. Dari hasil analisa *pushover* didapatkan kinerja bangunan di level LS yang berarti, Tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
4. Damage Control (DC) SP-2  
Kategori ini sebenarnya bukan merupakan tingkatan yang spesifik, tetapi merupakan transisi diantara Immediate Occupancy dan Life Safety. Kategori desain ini dimaksudkan untuk membatasi kerusakan struktur sampai melampaui ketentuan-ketentuan yang dapat mengancam terjadinya korban jiwa, seperti yang ditetapkan pada tingkat Life Safety. Tetapi sistem struktur gempa yang disyaratkan pada tingkatan Immediate Occupancy. Struktur bangunan boleh rusak, namun tidak runtuh. Contohnya adalah perkuatan struktur untuk bangunan bersejarah dan bangunan yang menjadi tempat untuk barang-barang berharga

## 10.2. Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur menggunakan *performance based design* lebih lanjut karena metode ini sangat membutuhkan tinjauan lanjut

dan koreksi agar dapat diterapkan dengan tepat sehingga dihasilkan kinerja struktur bangunan yang memuaskan ketika terjadi gempa.

Dan tak lupa pula dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)**. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)**. Bandung : BSN
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. **Peraturan Beban Indonesia (PBI 1971)**. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1971)**. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Applied Technology Council 40 (ATC 40), 1996. ***Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Volume 1.*** Redwood City, California, U.S.A.
- Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.



DAFTAR GAMBAR PEKERJAAN STRUKTUR  
PROYEK APARTEMEN TAMAN MELATI DINDOYO,MALANG

NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA
	COVER	
01	DAFTAR GAMBAR STRUKTUR	N.T.S
	PEKERJAAN STRUKTUR PONDASI	
02	TIANG PANCANG DIAMETER 450 mm	1 : 200
03	DENAH PEMANCANGAN	1 : 5500
04	DENAH PILE CAP (PONDASI)	1 : 5500
05	DETAIL PILE CAP	1 : 5500
06	DENAH TIE BEAM (SLOOF)	1 : 5500
	PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM	
07	DENAH KOLOM LANTAI 1 - 4	1 : 5500
08	DENAH KOLOM LANTAI 5 - 10	1 : 5500
09	DENAH KOLOM LANTAI 11 - 20	1 : 5500
10	DETAIL KOLOM 1 DAN KOLOM 2	1 : 1200
11	DETAIL KOLOM 3 DAN KOLOM 5	1 : 1200
12	DETAIL KOLOM 4 DAN KOLOM 6	1 : 1200
13	DENAH POTONGAN	1 : 5500
14	POTONGAN I-I	1 : 1000

NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA
15	POTONGAN IHI	1 : 1000
	PEKERJAAN STRUKTUR BALOK	
16	DENAH BALOK LANTAI 1-20	1 : 5500
17	DETAIL BALOK 1 (B1)	1 : 1200
18	DETAIL BALOK 2 (B2)	1 : 1200
19	DETAIL BALOK 3 (B3)	1 : 1200
	PEKERJAAN STRUKTUR PELAT	
20	DENAH PELAT LANTAI	1 : 5500
21	DENAH PELAT ATAP	1 : 5500
22	DETAIL PELAT	1 : 1200
	PEKERJAAN TANGGA	
23	DENAH TANGGA	1 : 1200
24	DETAIL TANGGA	1 : 1000
25	RESUME PENULANGAN KOLOM DAN BALOK	NTS
26	RESUME PENULANGAN BALOK DAN TANGGA	NTS



NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	NO	DARI
				01	26
				SATUAN	SKALA
				MILIMETER	NTS

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

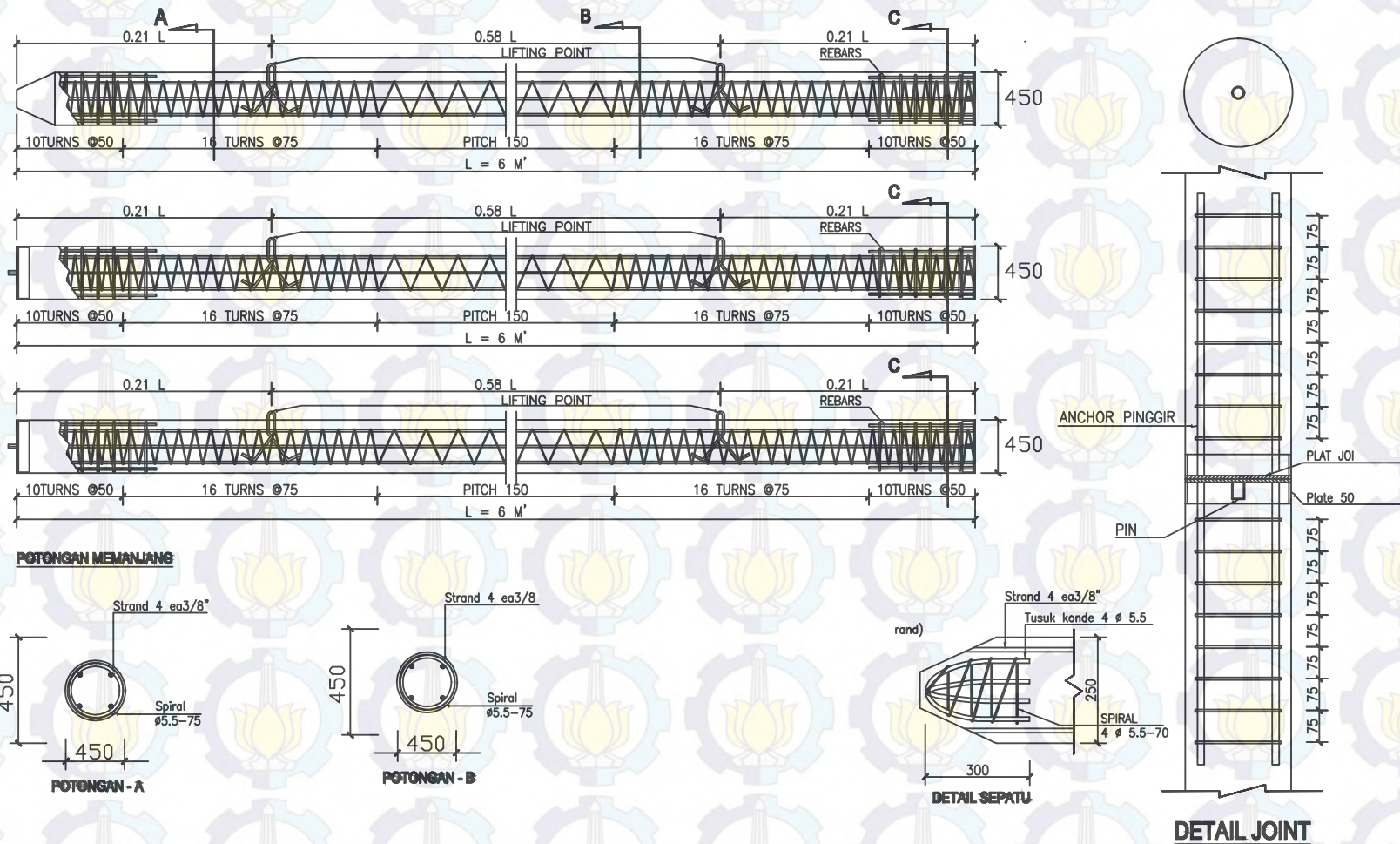
PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

DAFTAR GAMBAR









NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL  
GAMBAR

NO

DARI

02

26

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL TIANG PANCANG

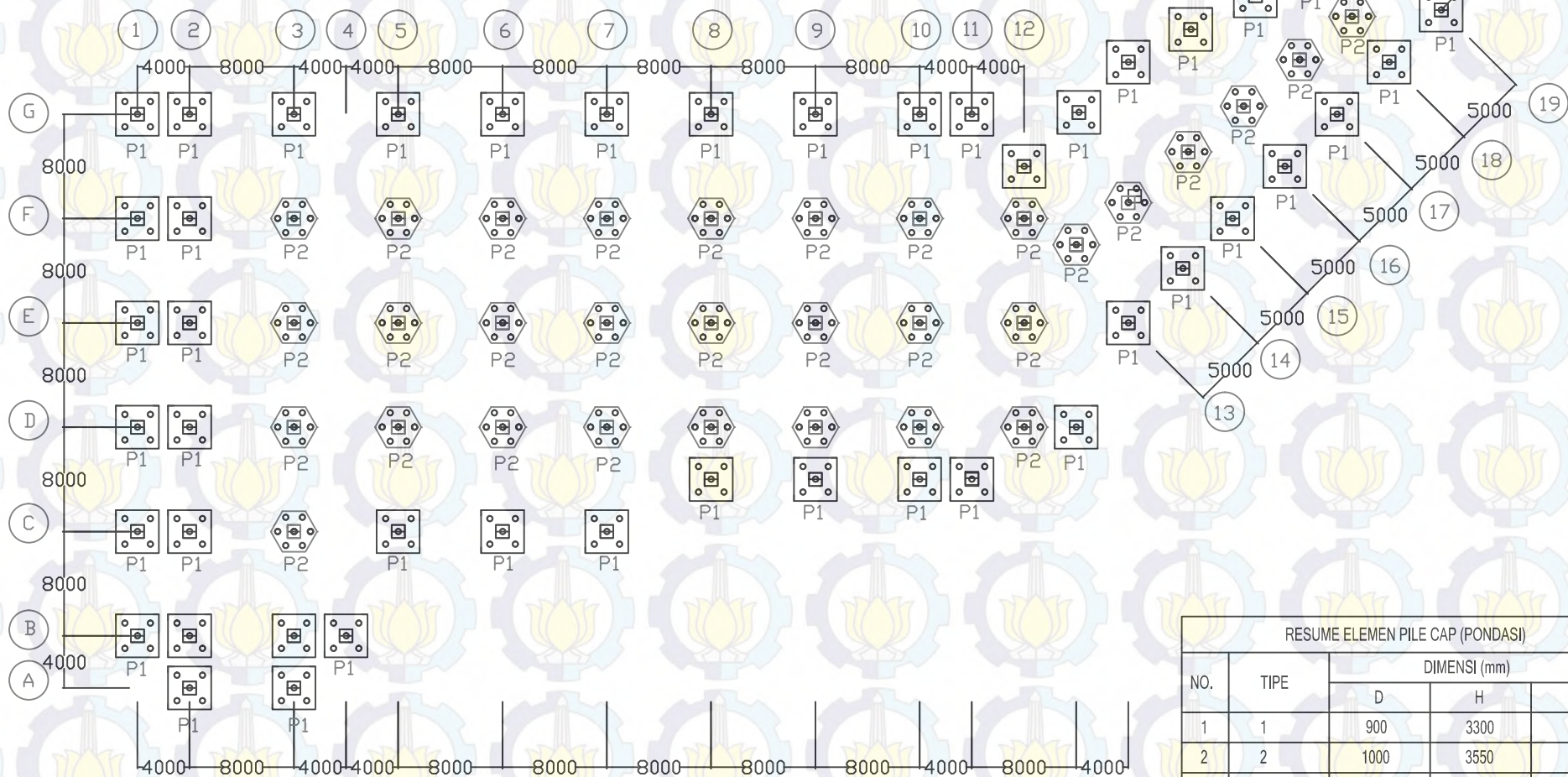
SATUAN

SKALA

MILIMETER

1:200





RESUME ELEMEN PILE CAP (PONDASI)					
NO.	TIPE	DIMENSI (mm)			QTY
		D	H	L	
1	1	900	3300	3300	45
2	2	1000	3550	3100	31
JUMLAH					76



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH PILE CAP

NO

04

SATUAN

MILIMETER

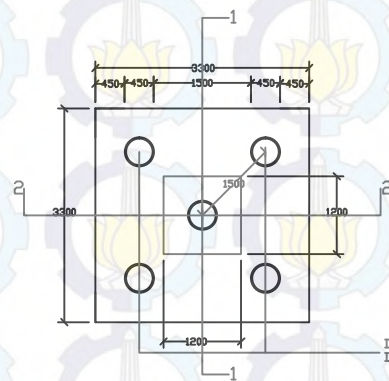
DARI

26

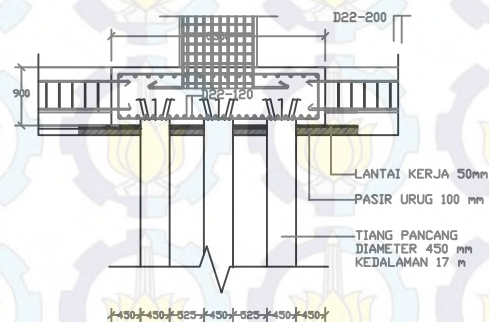
SKALA

1:5500

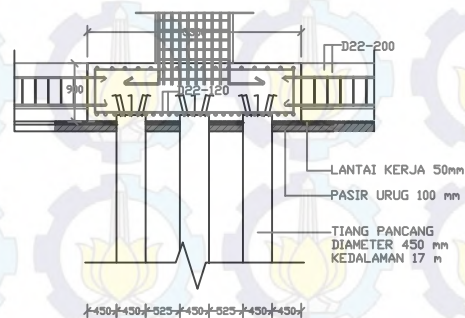




DETAIL PONDASI TIPE 1

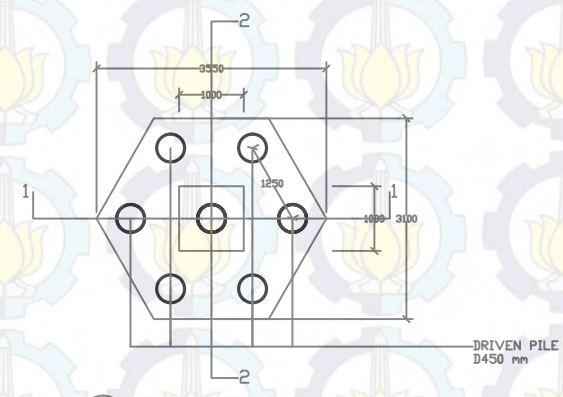


POTONGAN 1-1

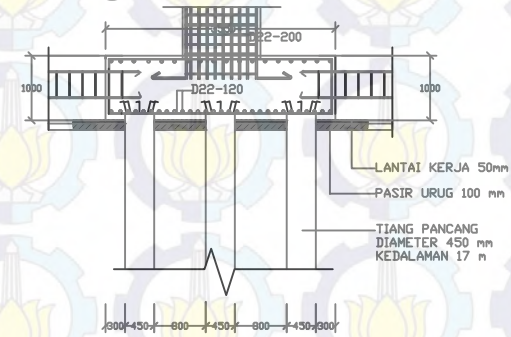


POTONGAN 2-2

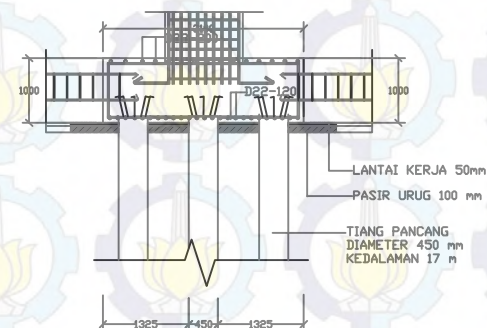
MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $D \text{ (ulir)} - f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $\emptyset \text{ (polos)} - f_y = 240 \text{ MPa}$



DETAIL PONDASI TIPE 2



POTONGAN 1-1



POTONGAN 2-2

MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $D \text{ (ulir)} - f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $\emptyset \text{ (polos)} - f_y = 240 \text{ MPa}$



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL PILE CAP

05

26

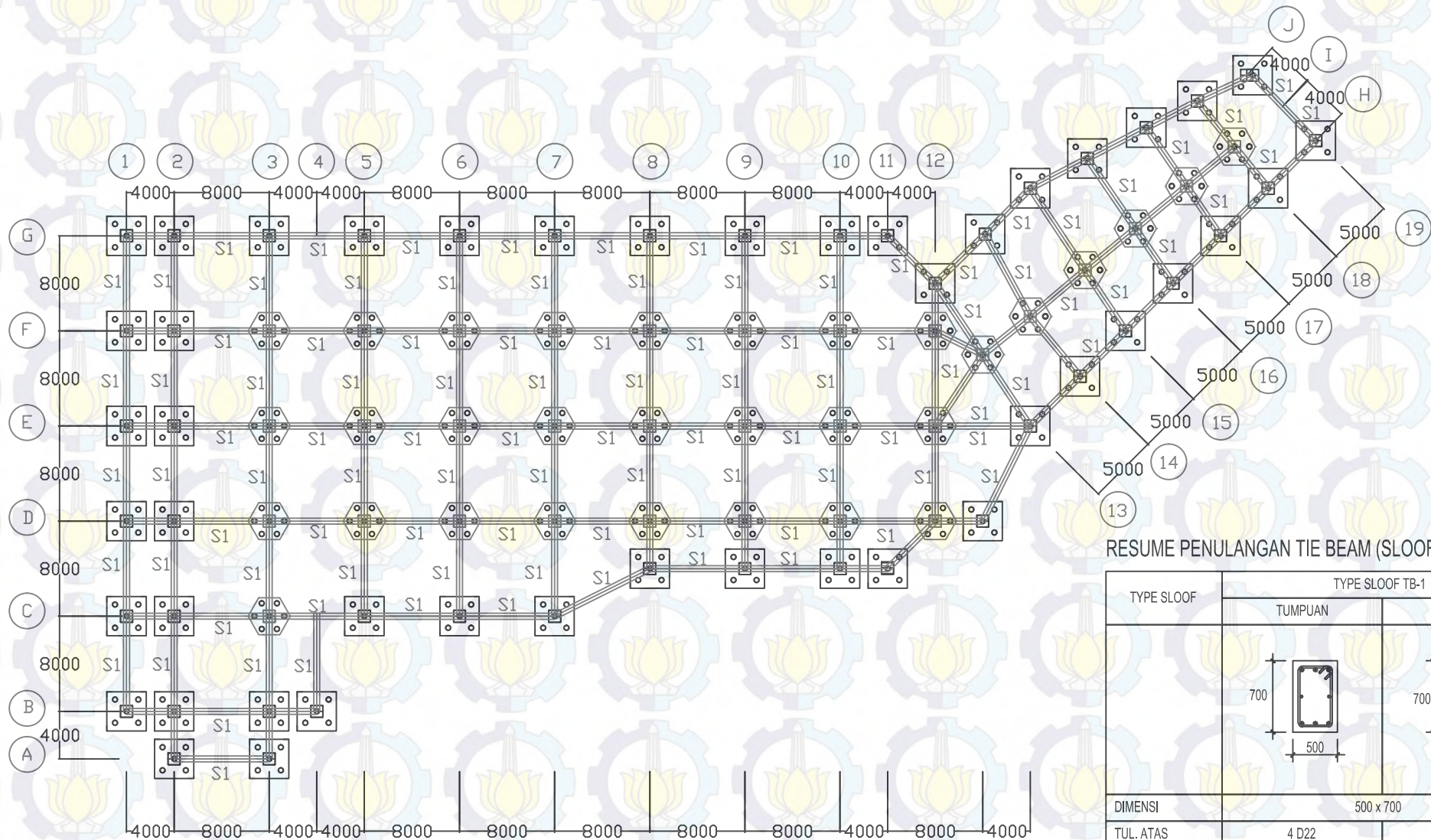
SATUAN

SKALA

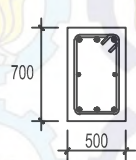
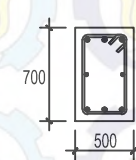
MILIMETER

1:1200





RESUME PENULANGAN TIE BEAM (SLOOF)

TYPE SLOOF	TYPE SLOOF TB-1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	500 x 700	
TUL. ATAS	4 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D10	2 D10
TUL. BAWAH	2 D22	3 D16
TUL. SENGKANG	Ø12 - 250	Ø12 - 300



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH TIE  
BEAM(SLOOF)

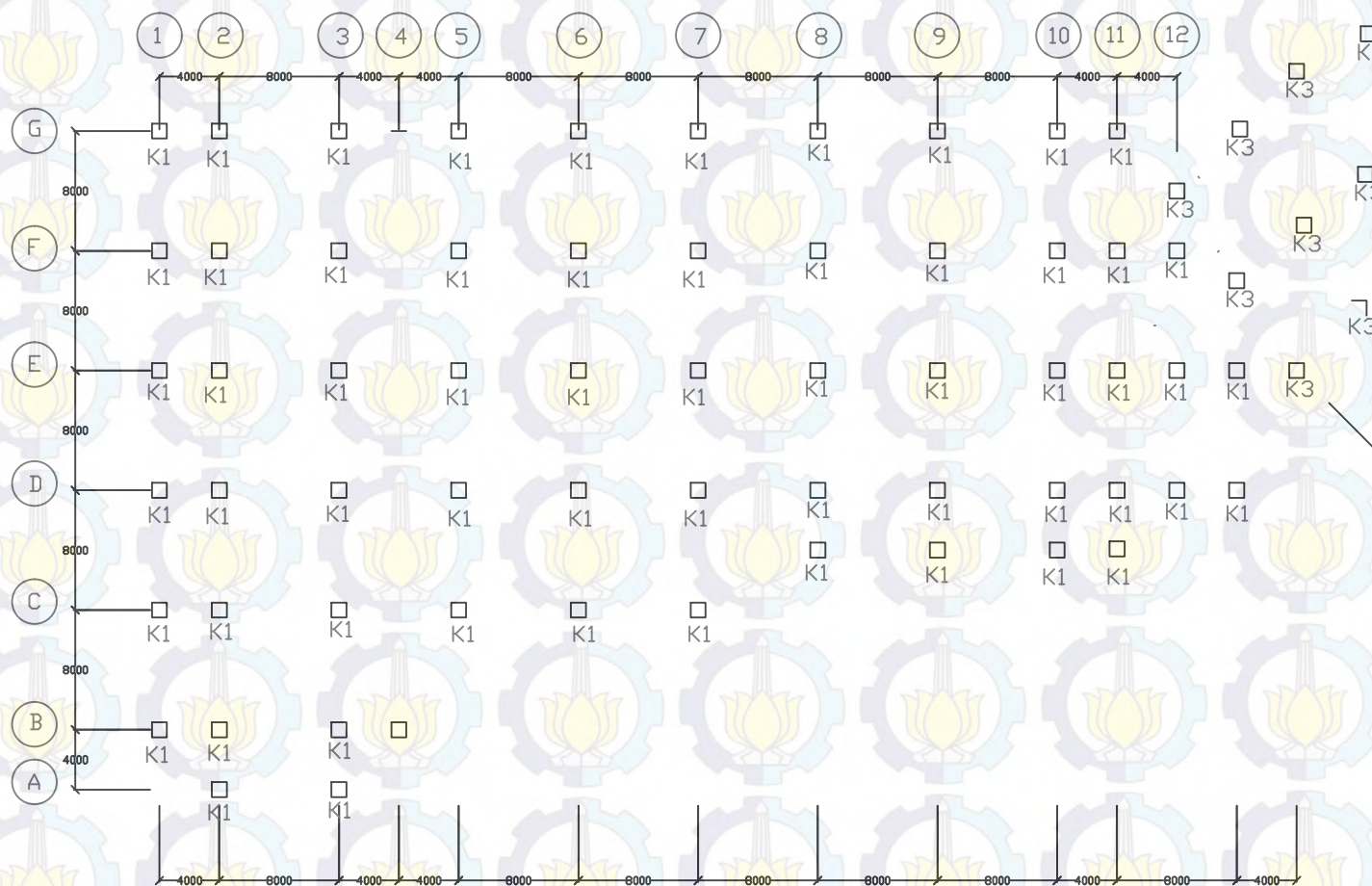
NO DARI

06 26

SATUAN SKALA

MILIMETER 1:5000





RESUME PENULANGAN KOLOM

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1200 x 1200	
TUL. ATAS	40 D25	40 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100
TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K3	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	40 D25	40 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH KOLOM  
LANTAI 1-4

NO

07

SATUAN

MILIMETER

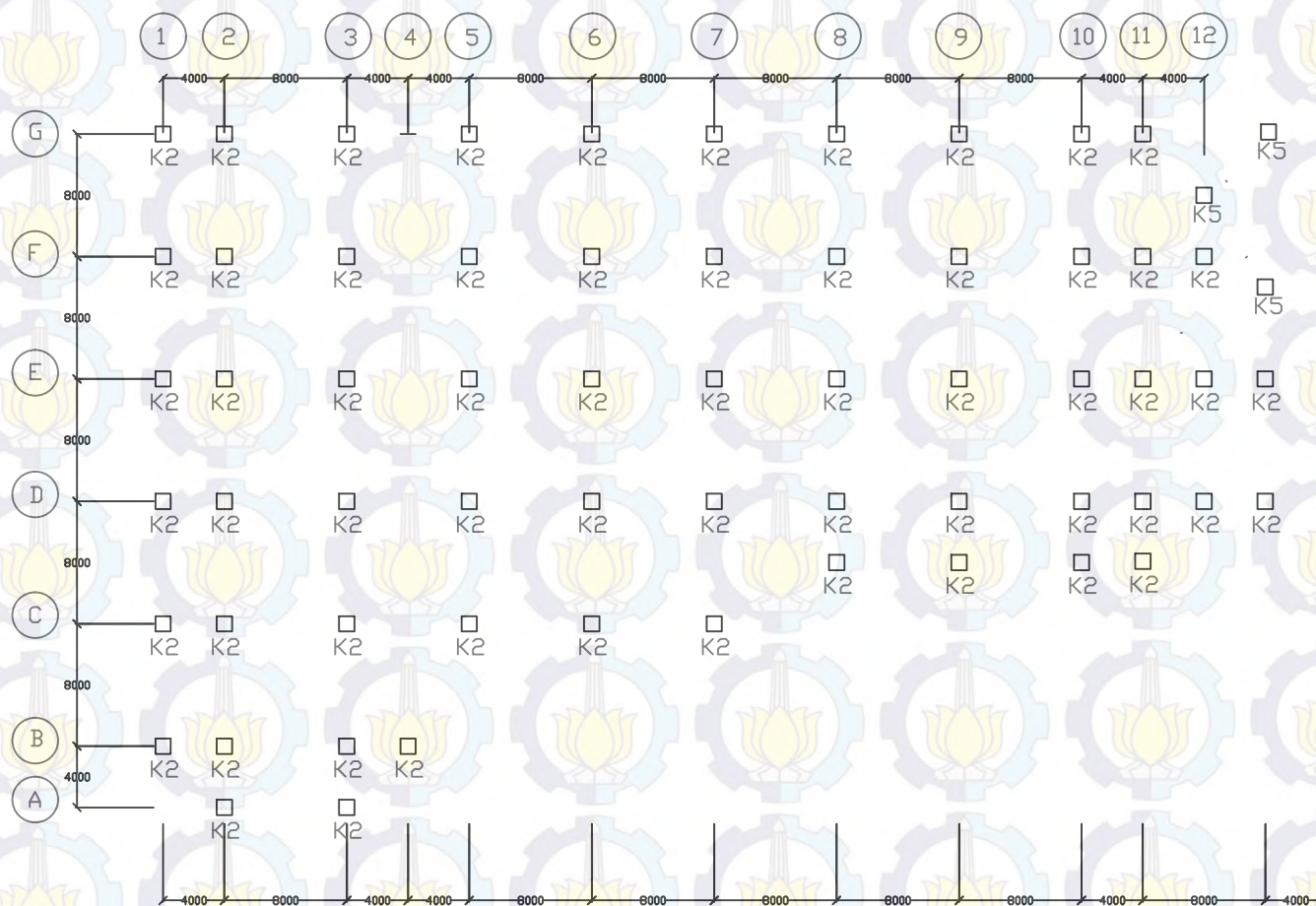
DARI

26

SKALA

1:5500





RESUME PENULANGAN KOLOM

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1200 x 1200	
TUL. ATAS	32 D25	32 D25
TUL. SENGKANG	12 - 100	12 - 100
TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K5	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	28 D25	28 D25
TUL. SENGKANG	12 - 100	12 - 100



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH KOLOM  
LANTAI 5-10

NO

08

SATUAN

MILIMETER

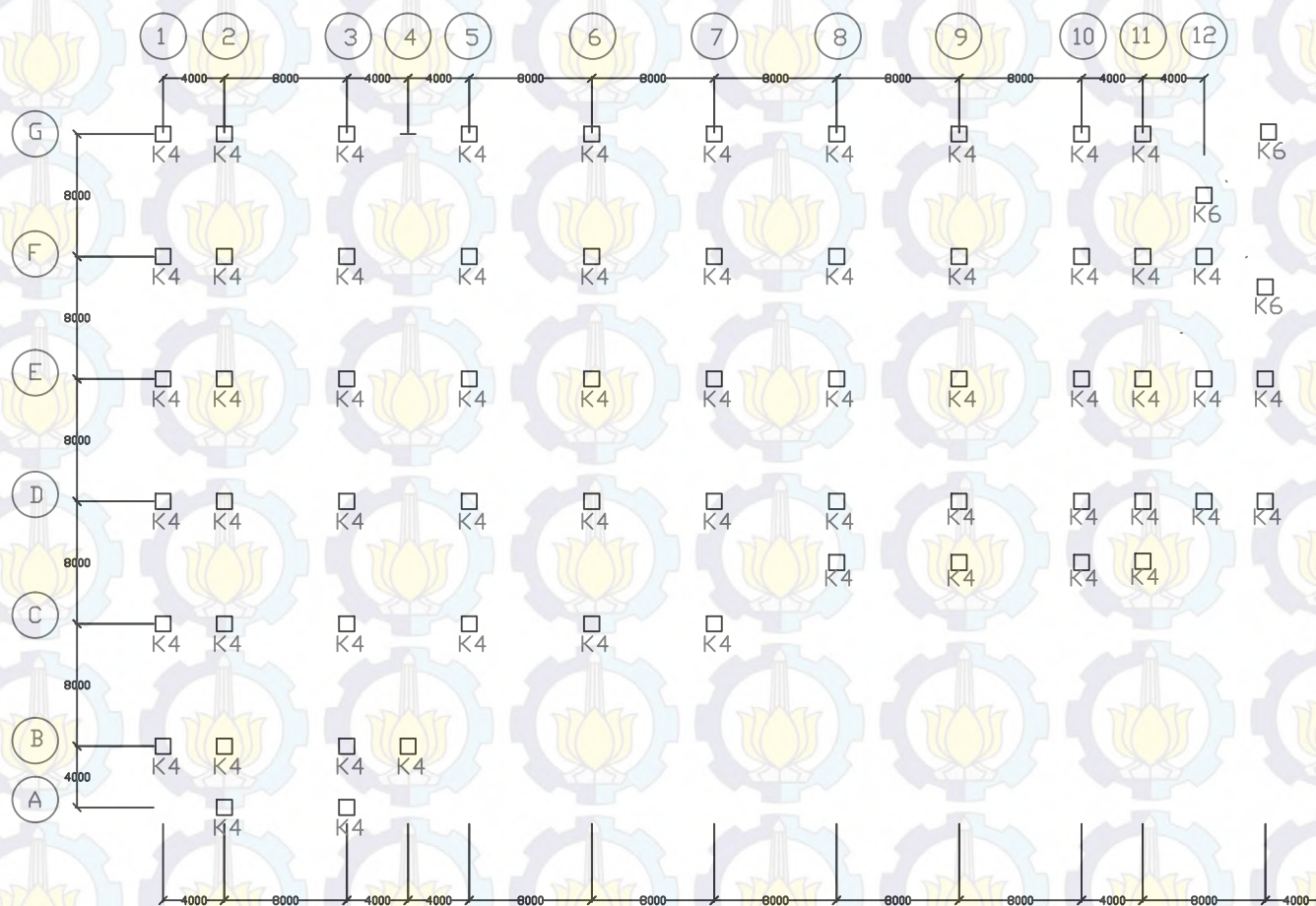
DARI

26

SKALA

1:5500





RESUME PENULANGAN KOLOM

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K4	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	24 D25	24 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100
TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K6	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	24 D25	24 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH KOLOM  
LANTAI 11-20

NO

09

SATUAN

MILIMETER

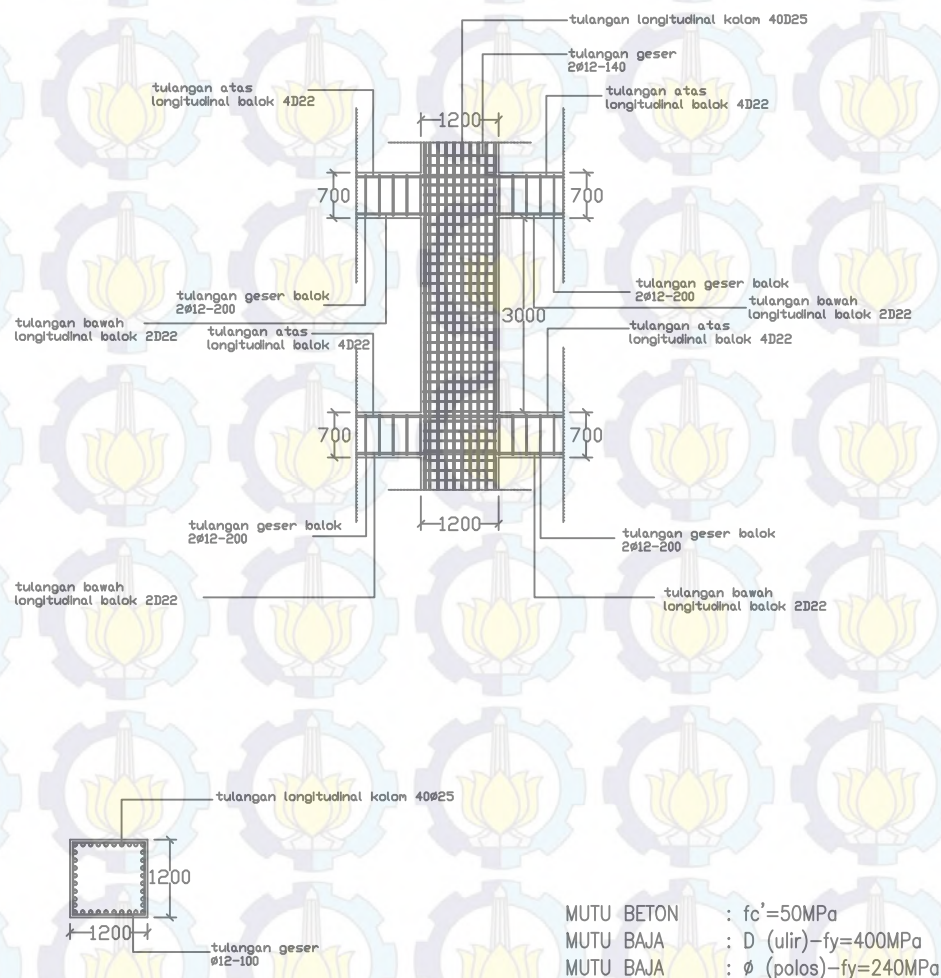
DARI

26

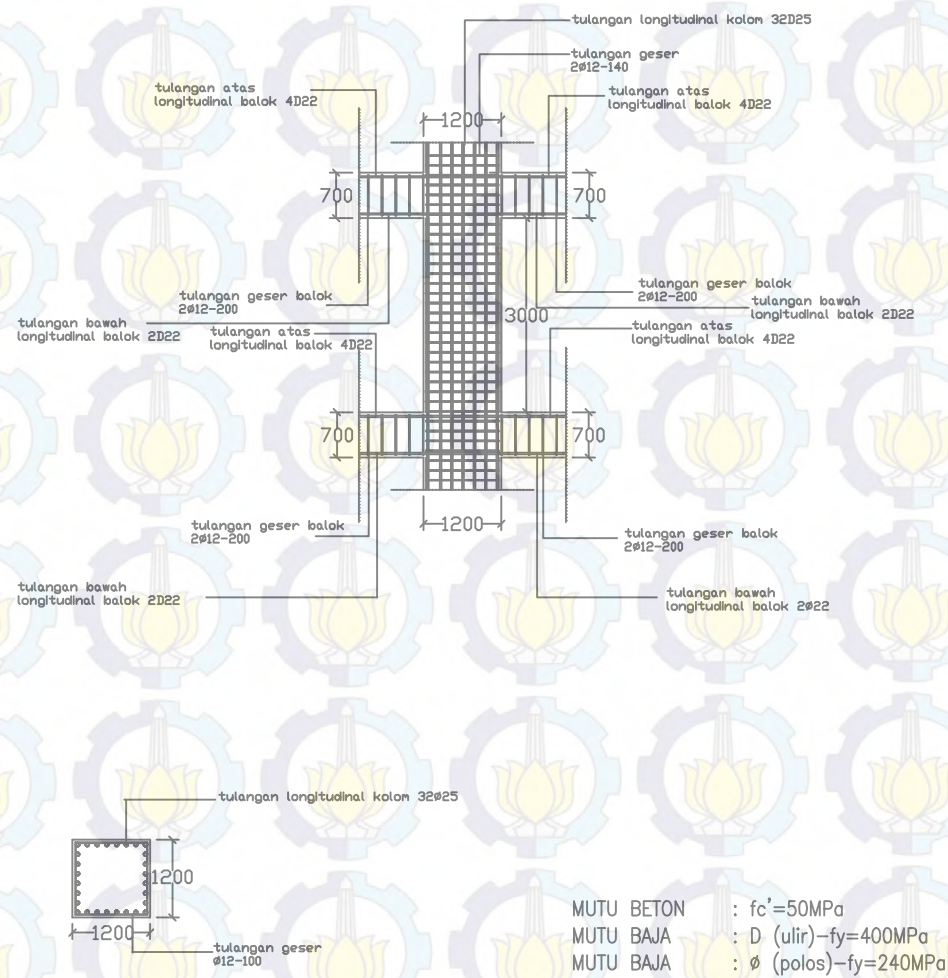
SKALA

1:5500





DETAIL KOLOM 1 (K1)



DETAIL KOLOM 2 (K2)



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL KOLOM 1 DAN  
KOLOM 2

10

26

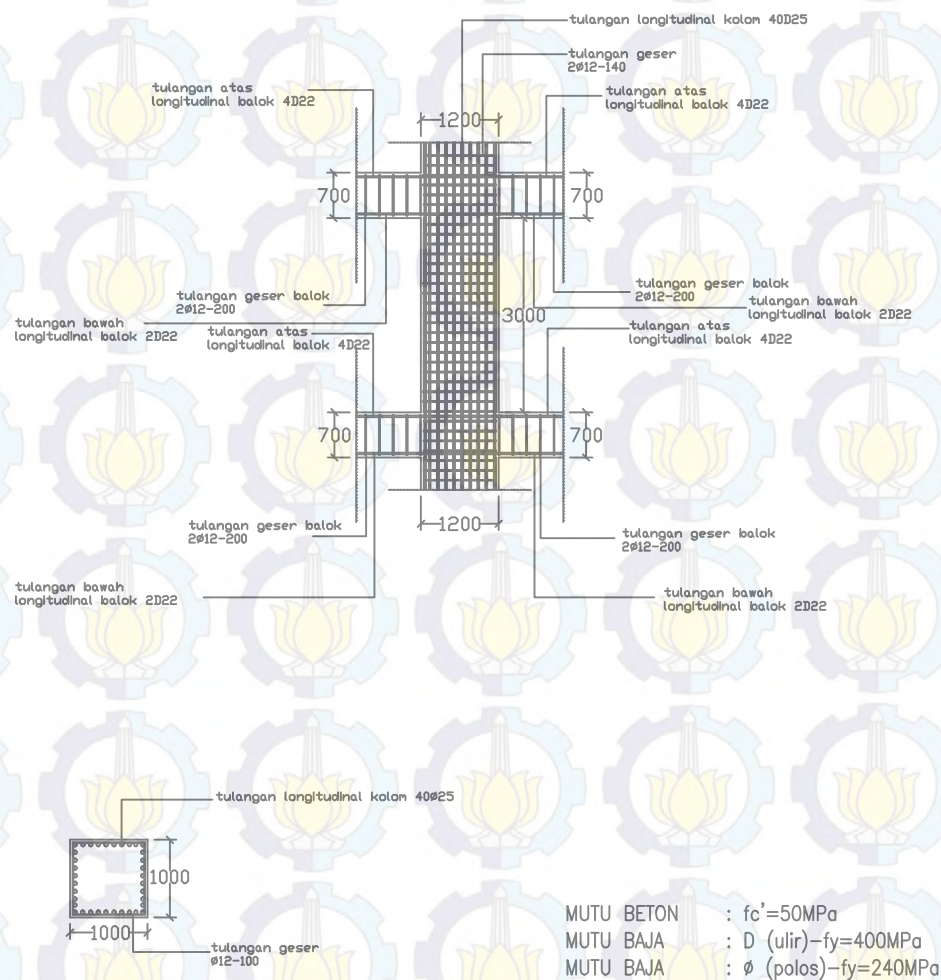
SATUAN

SKALA

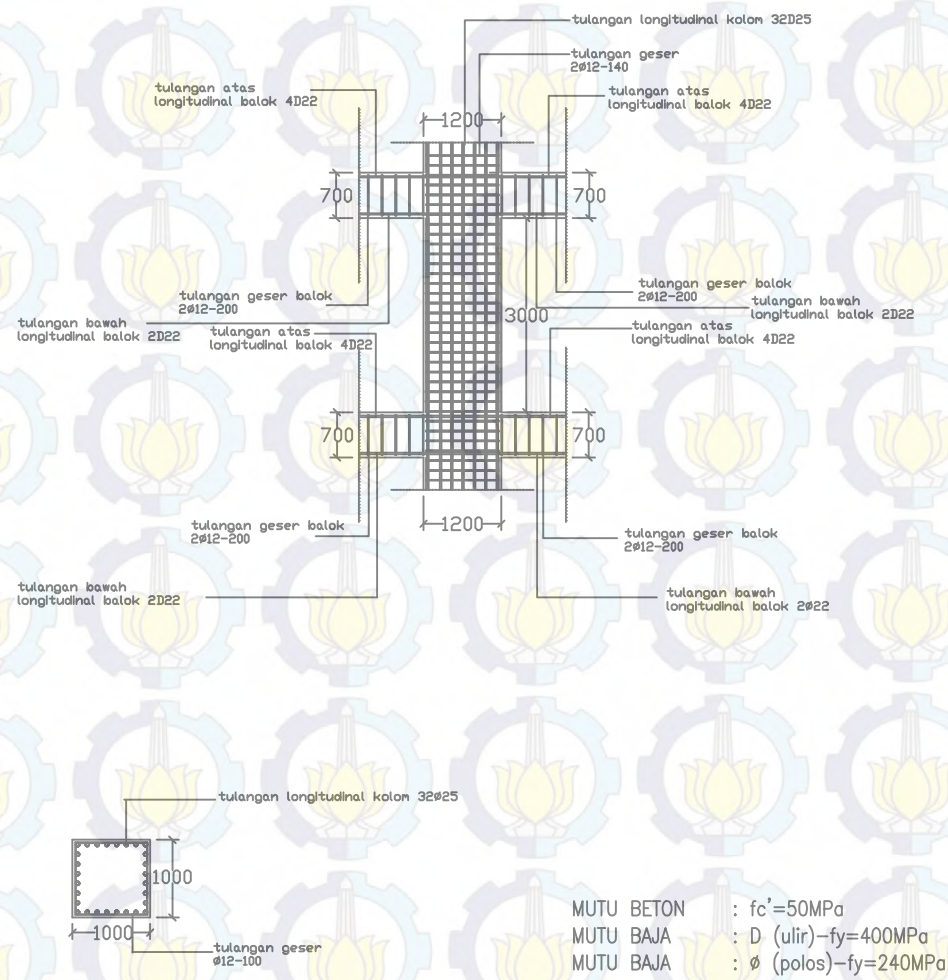
MILIMETER

1:1200





DETAIL KOLOM 3 (K3)



DETAIL KOLOM 5 (K5)



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL KOLOM 3 DAN  
KOLOM 5

11

26

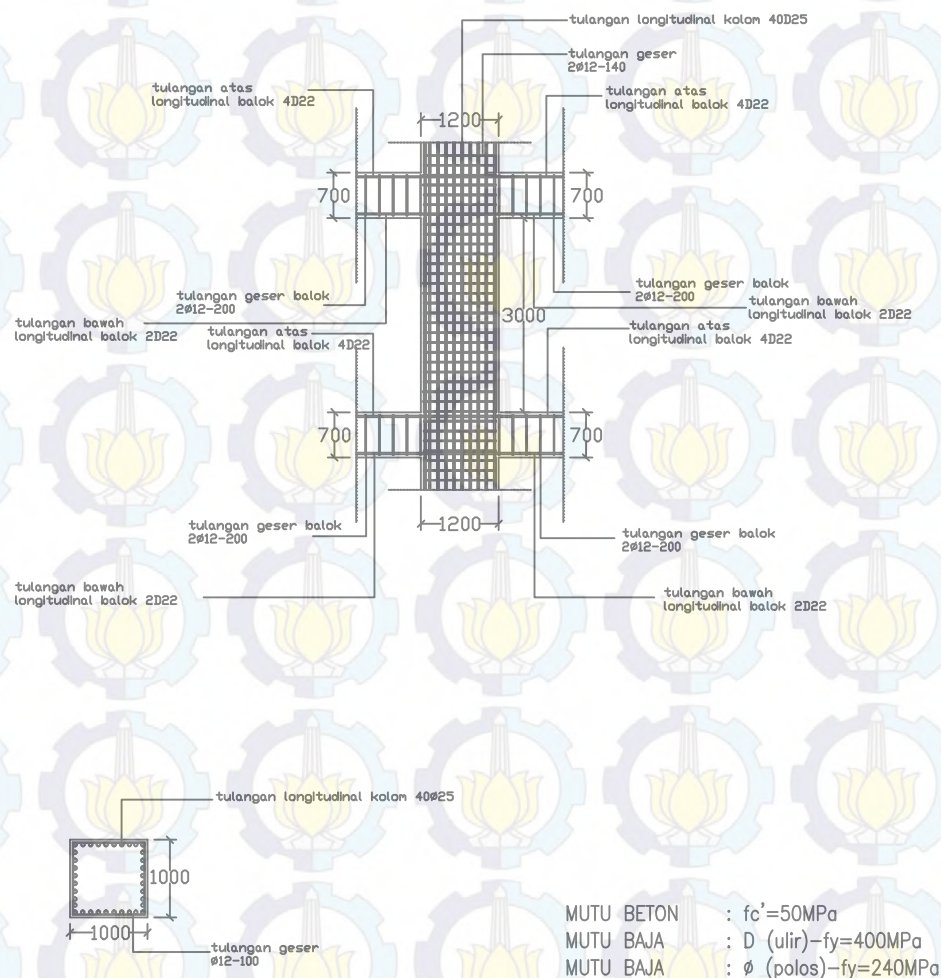
SATUAN

SKALA

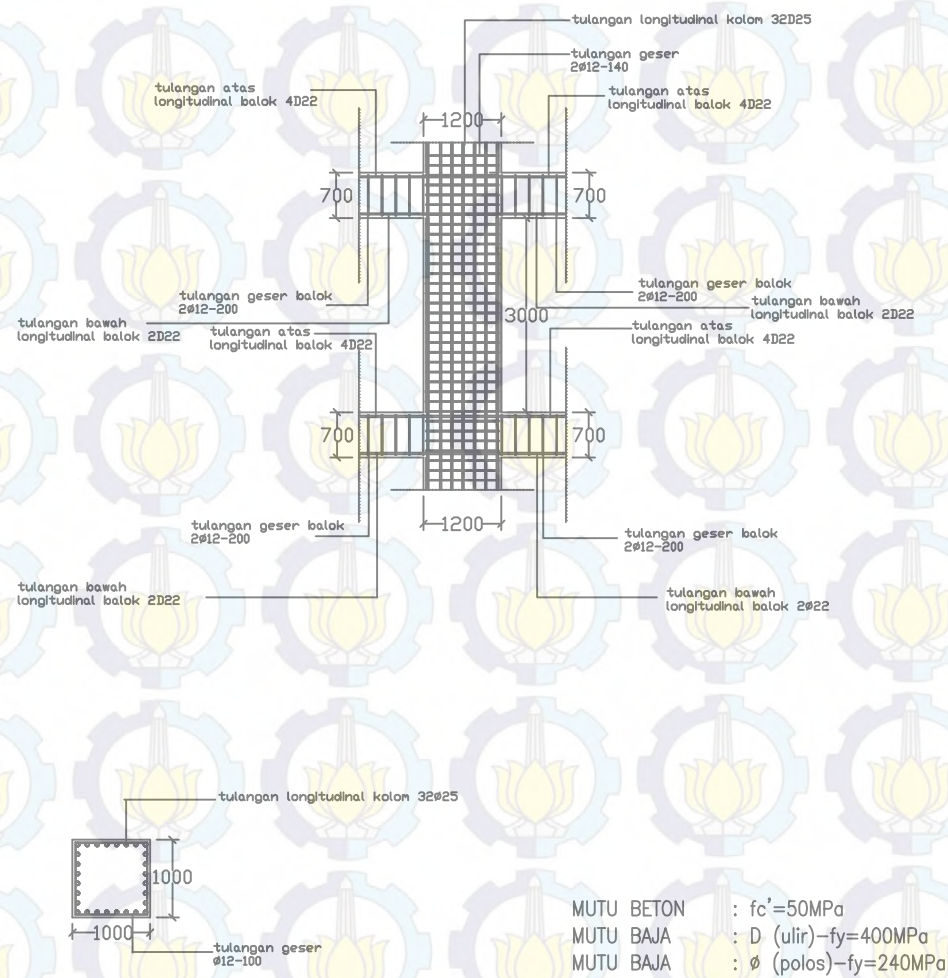
MILIMETER

1:1200





DETAIL KOLOM 4 (K4)



DETAIL KOLOM 6 (K6)



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL  
GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL KOLOM 4 DAN  
KOLOM 6

12

26

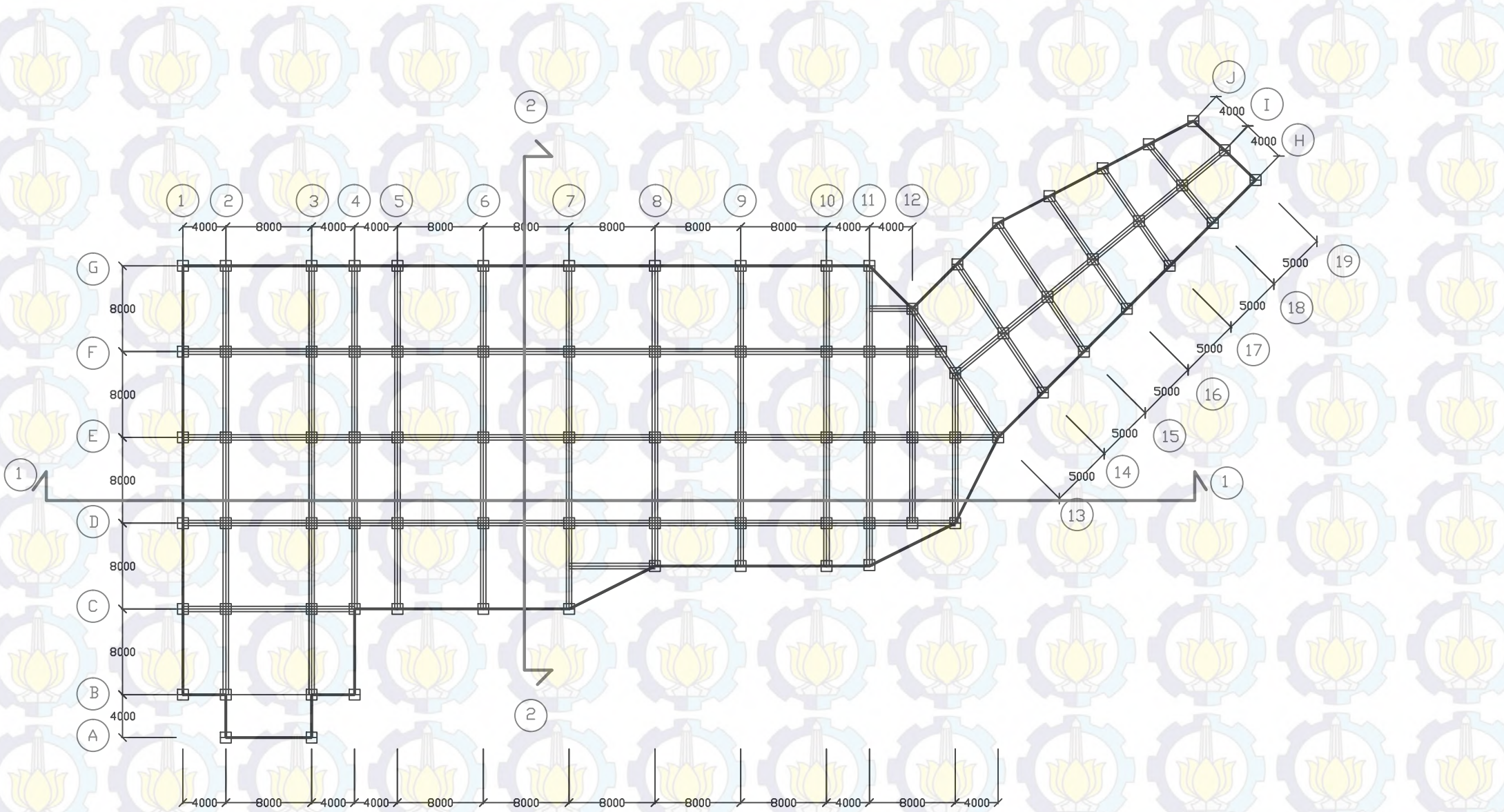
SATUAN

SKALA

MILIMETER

1:1200





NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	NO	DARI
				13	26
				SATUAN	SKALA
				MILIMETER	1:5500

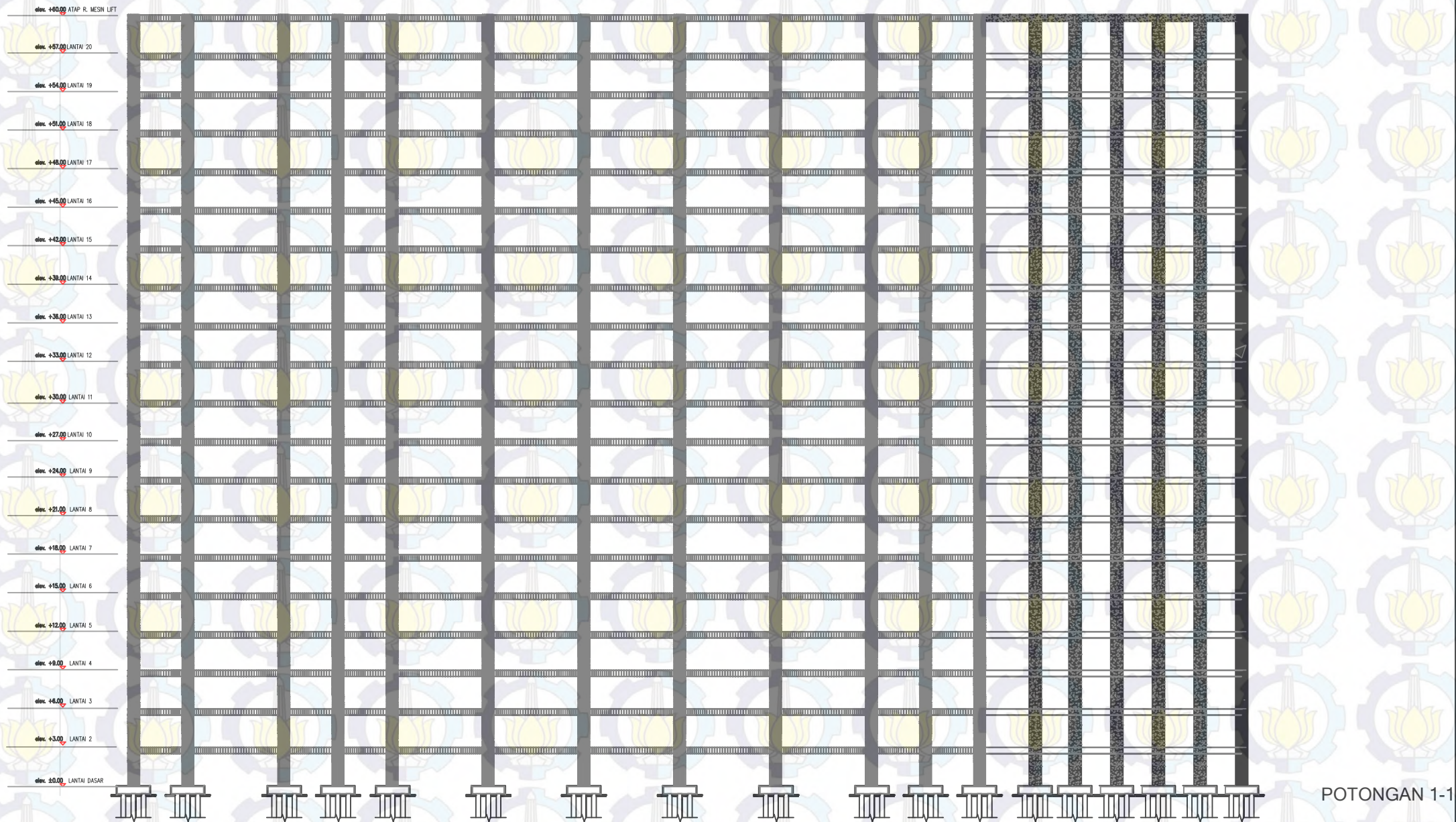
BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

POTONGAN





NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

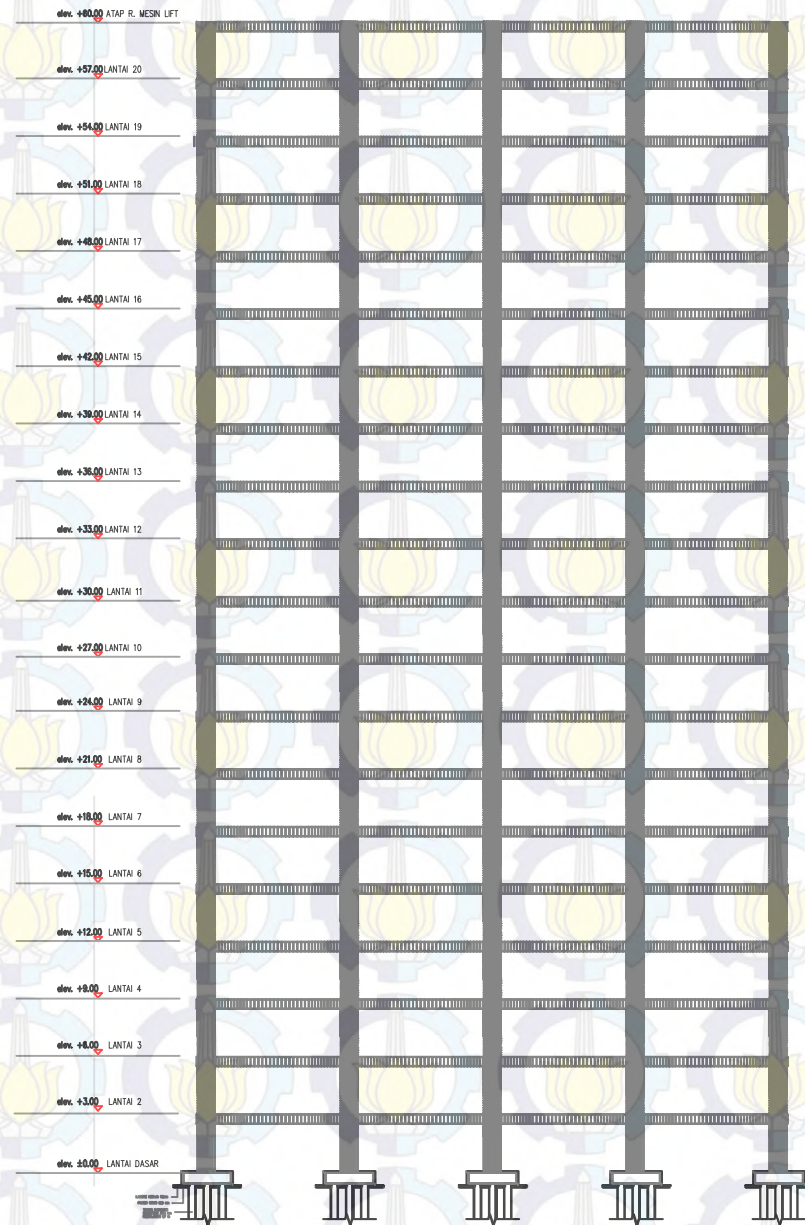
PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

POTONGAN 1-1

NO	DARI
14	26
SATUAN	SKALA
MILIMETER	1:1000





POTONGAN 2-2



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

POTONGAN 2-2

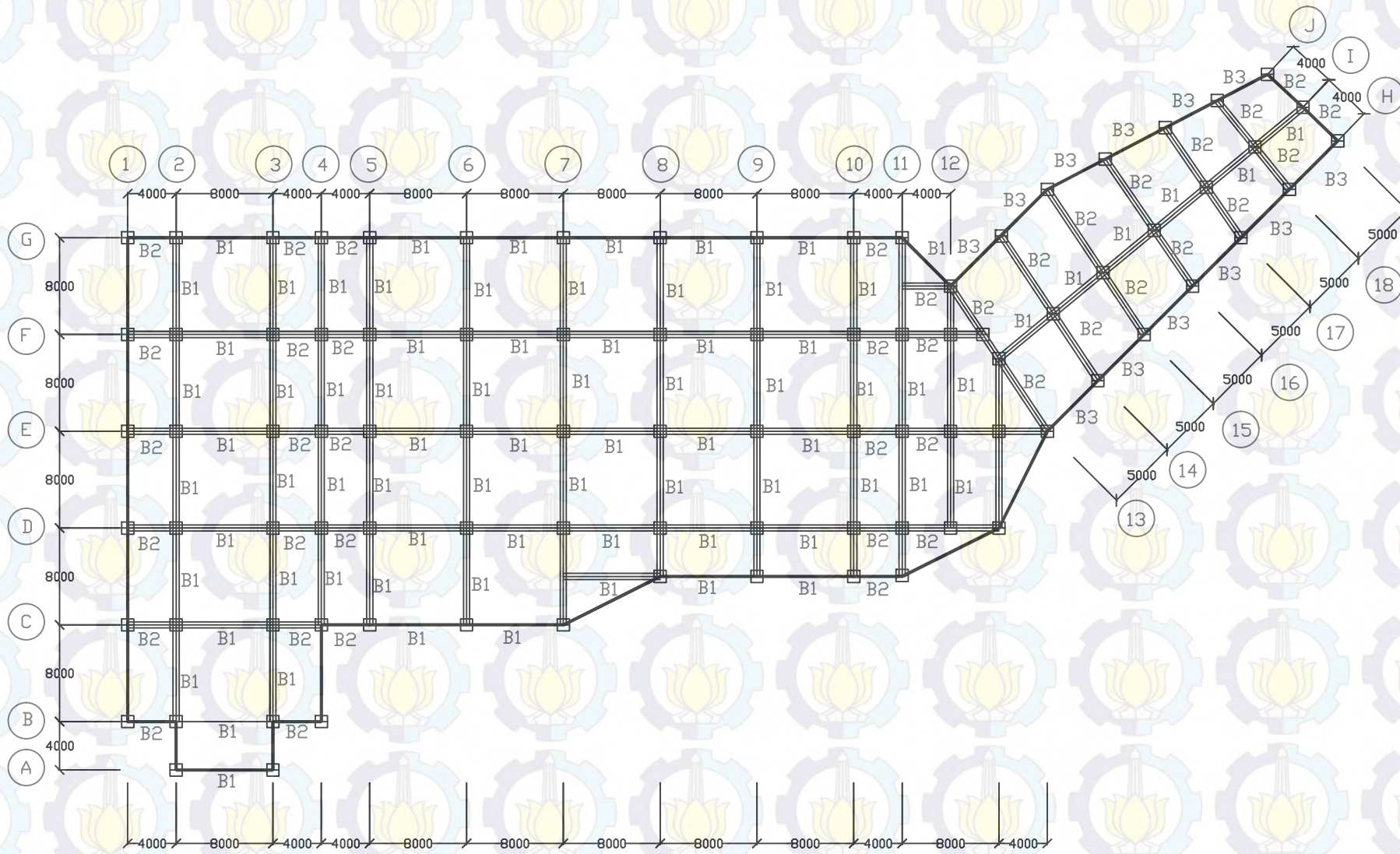
NO DARI

15 26

SATUAN SKALA

MILIMETER 1:1000





NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH  
PEMBALOKAN  
LANTAI 1-20

NO

16

SATUAN

MILIMETER

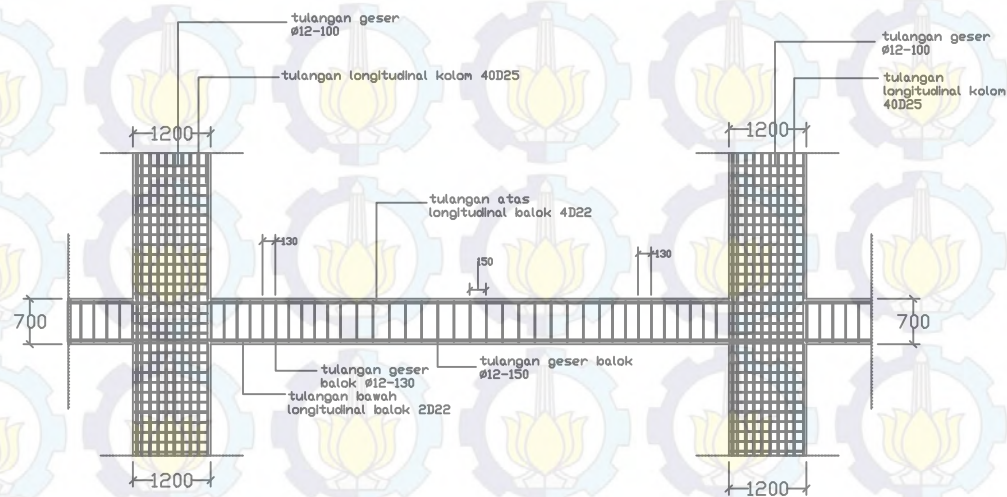
DARI

26

SKALA

1:5500





MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA : D (ulir) -  $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $\emptyset$  (polos) -  $f_y = 240 \text{ MPa}$

TYPE BALOK	BALOK MELINTANG	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	500 x 700	
TUL. ATAS	4 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	4 D22
TUL. SENGKANG	$\emptyset 12 - 130$	$\emptyset 12 - 150$



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL  
GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL BALOK (B1)

17

26

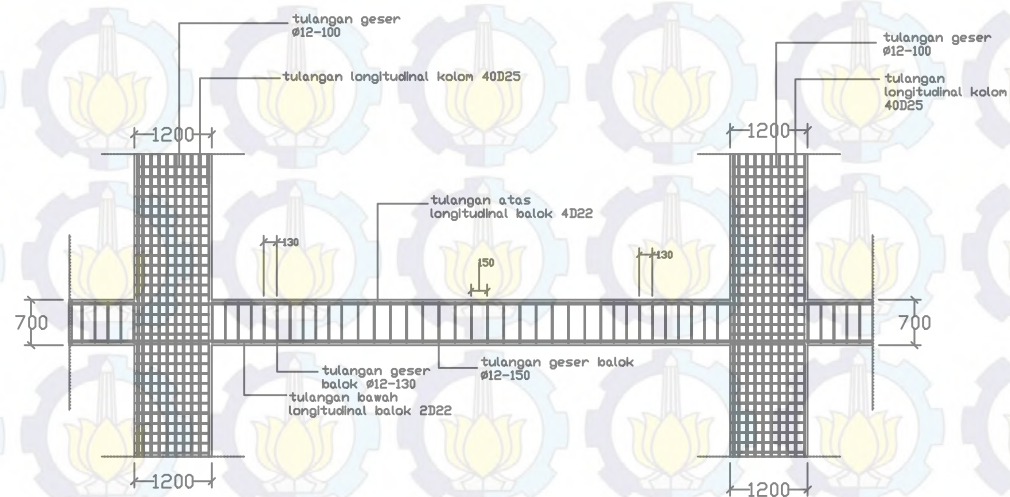
SATUAN

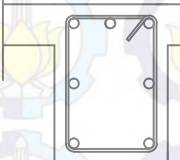
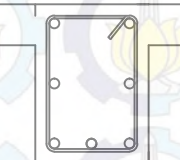
SKALA

MILIMETER

1:1200





TYPE BALOK	BALOK MELINTANG	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	400 x 600	
TUL. ATAS	3 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	3 D22
TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150

MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA : D (ulir) -  $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA : Ø (polos) -  $f_y = 240 \text{ MPa}$



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DETAIL BALOK (B2)

NO

18

SATUAN

MILIMETER

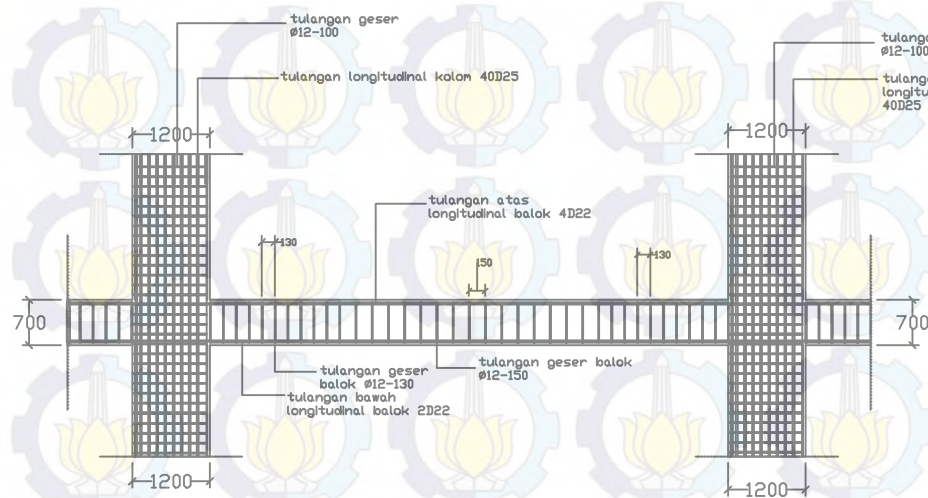
DARI

26

SKALA

1:1200





TYPE BALOK	BALOK MELINTANG	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	450 x 650	
TUL. ATAS	4 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	4 D22
TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150

MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA : D (ulir) -  $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA : Ø (polos) -  $f_y = 240 \text{ MPa}$



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL BALOK (B3)

19

26

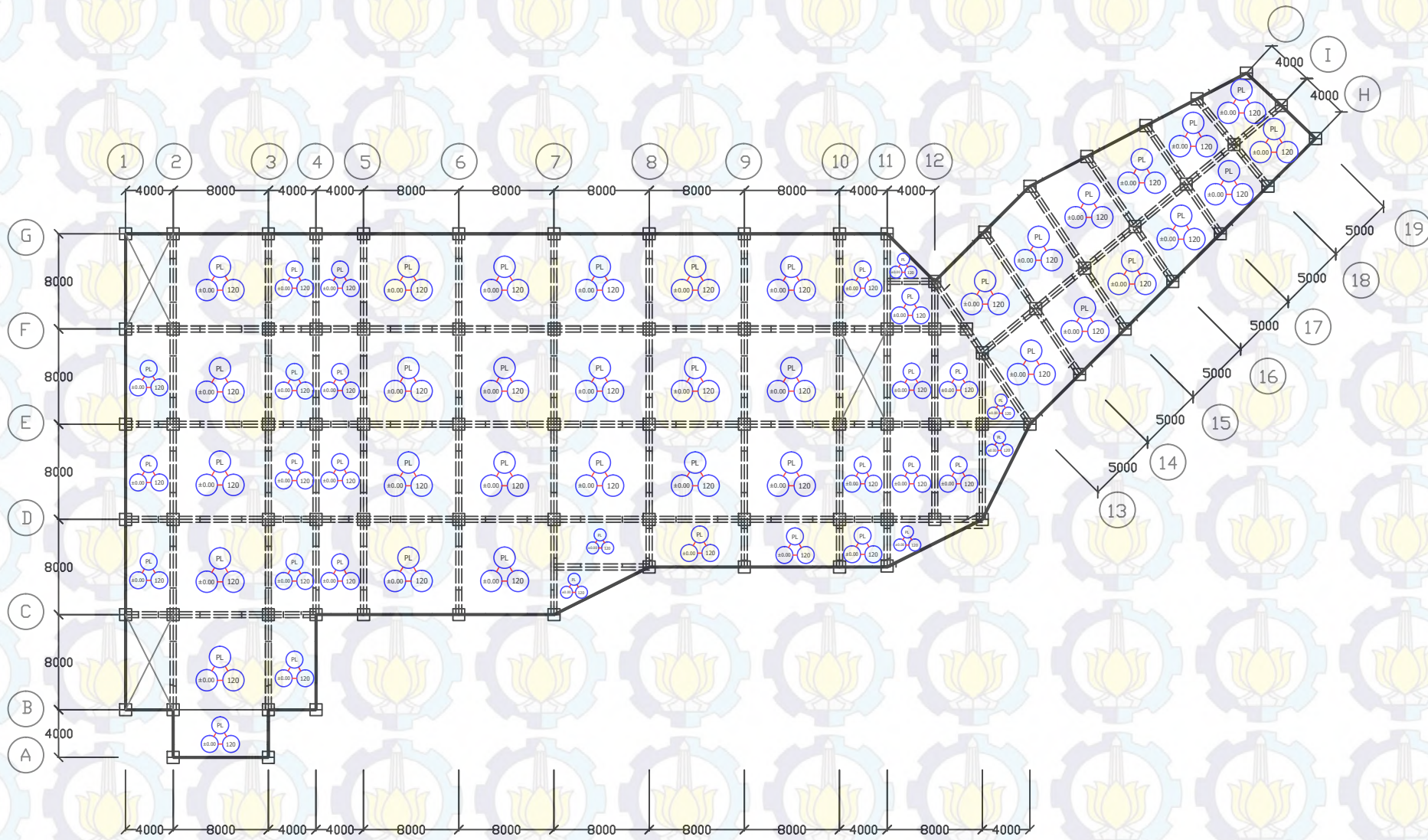
SATUAN

SKALA

MILIMETER

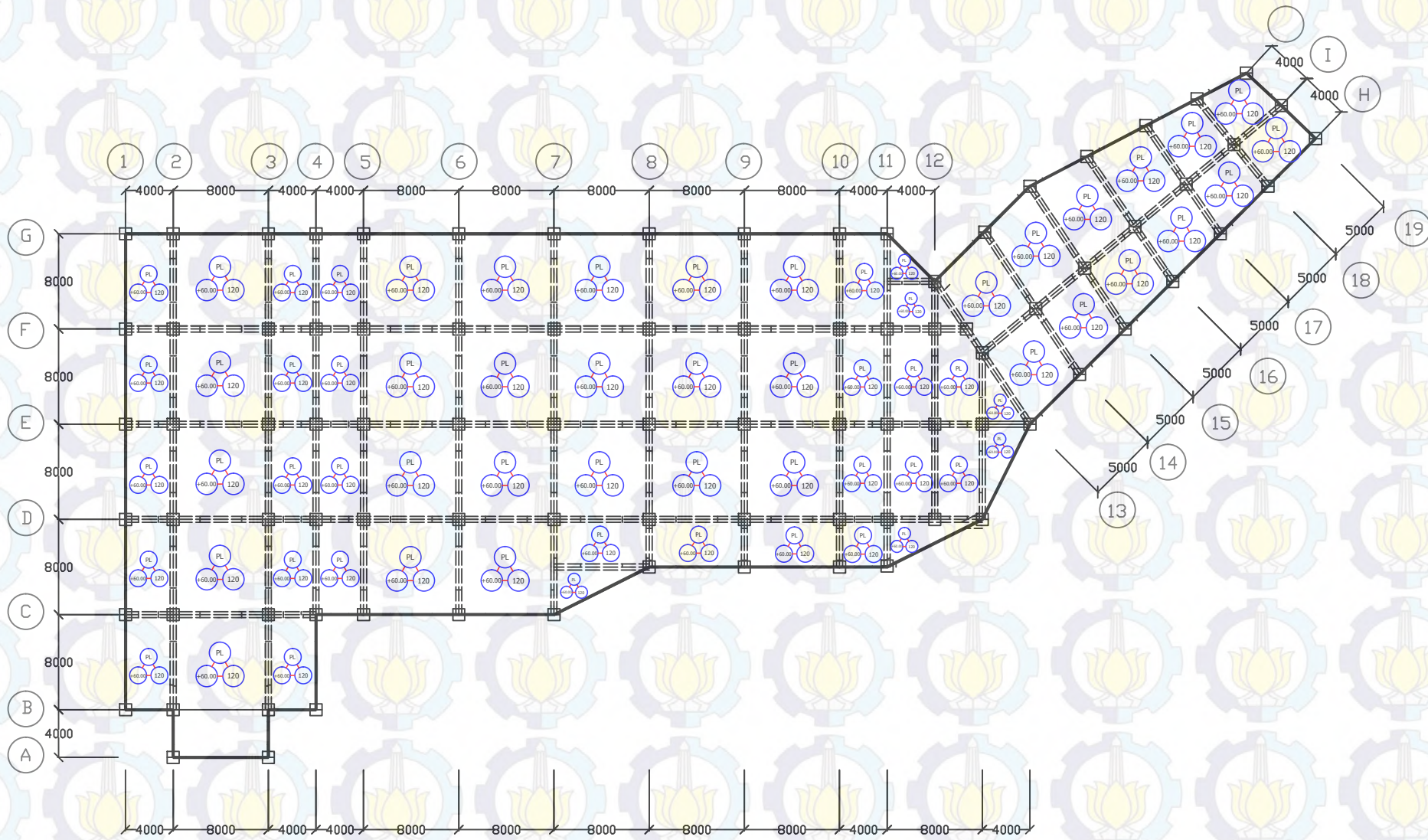
1:1200





<div> <div></div> <div></div> </div>	NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	NO	DARI
					20	26
	BIMO YUDHA PRAWIRO 3111100121	DATA IRANATA ST. MT. Ph.D	PERENCAAN APARTEMEN TAMAN MELATI DINOYO,MALANG	DENAH PELAT LANTAI	SATUAN	SKALA
					MILIMETER	1:5500





NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH PELAT ATAP

NO

21

SATUAN

MILIMETER

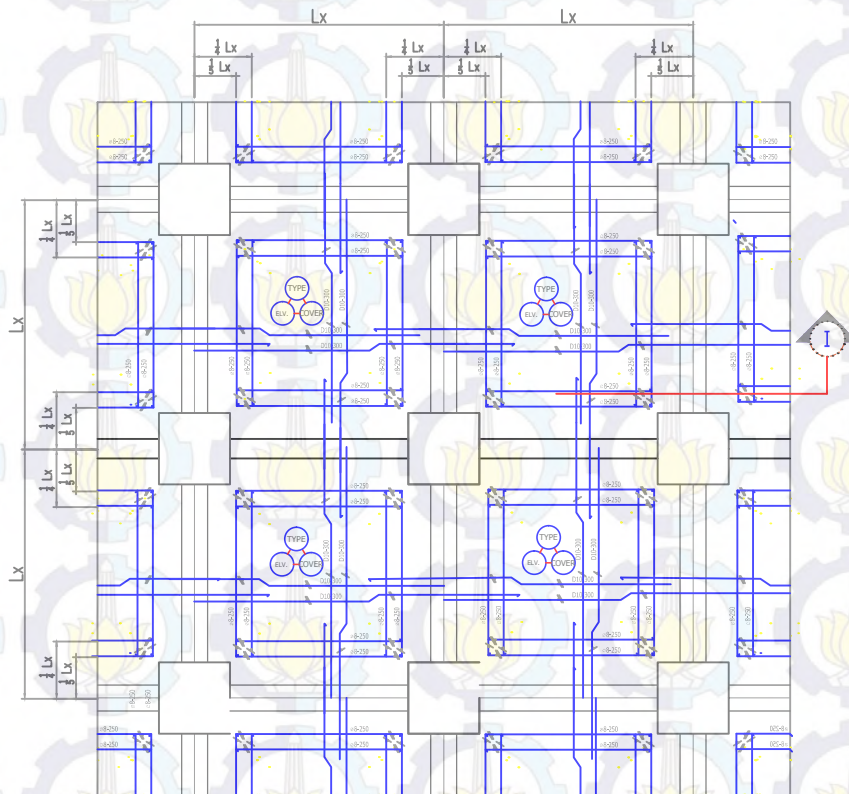
DARI

26

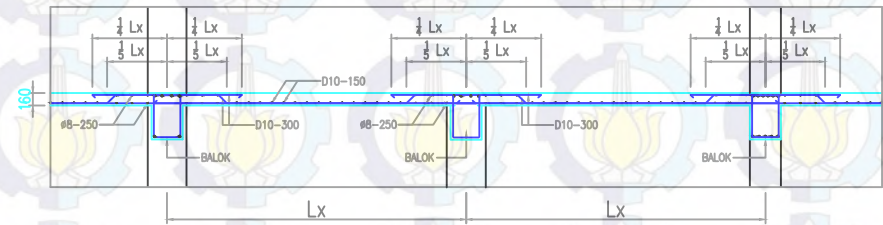
SKALA

1:5500





DETAIL PENULANGAN PELAT 2 ARAH



POTONGAN I PENULANGAN 2 ARAH

#### RENCANA PENULANGAN PLAT LANTAI

NO	TYPE	ARAH X	ARAH Y	SUSUT	TEBAL PLAT	TULANGAN	LOKASI
1	Pelat Lantai	D13-100	D13-100	-	250 mm	2 arah	lantai 1-19
2	Pelat Atap	D13-200	D13-200	-	200 mm	2 arah	Atap

MUTU BETON :  $f_c' = 50 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $D$  (ulir) -  $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 MUTU BAJA :  $\emptyset$  (polos) -  $f_y = 240 \text{ MPa}$



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

NO

DARI

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

DETAIL PELAT

22

26

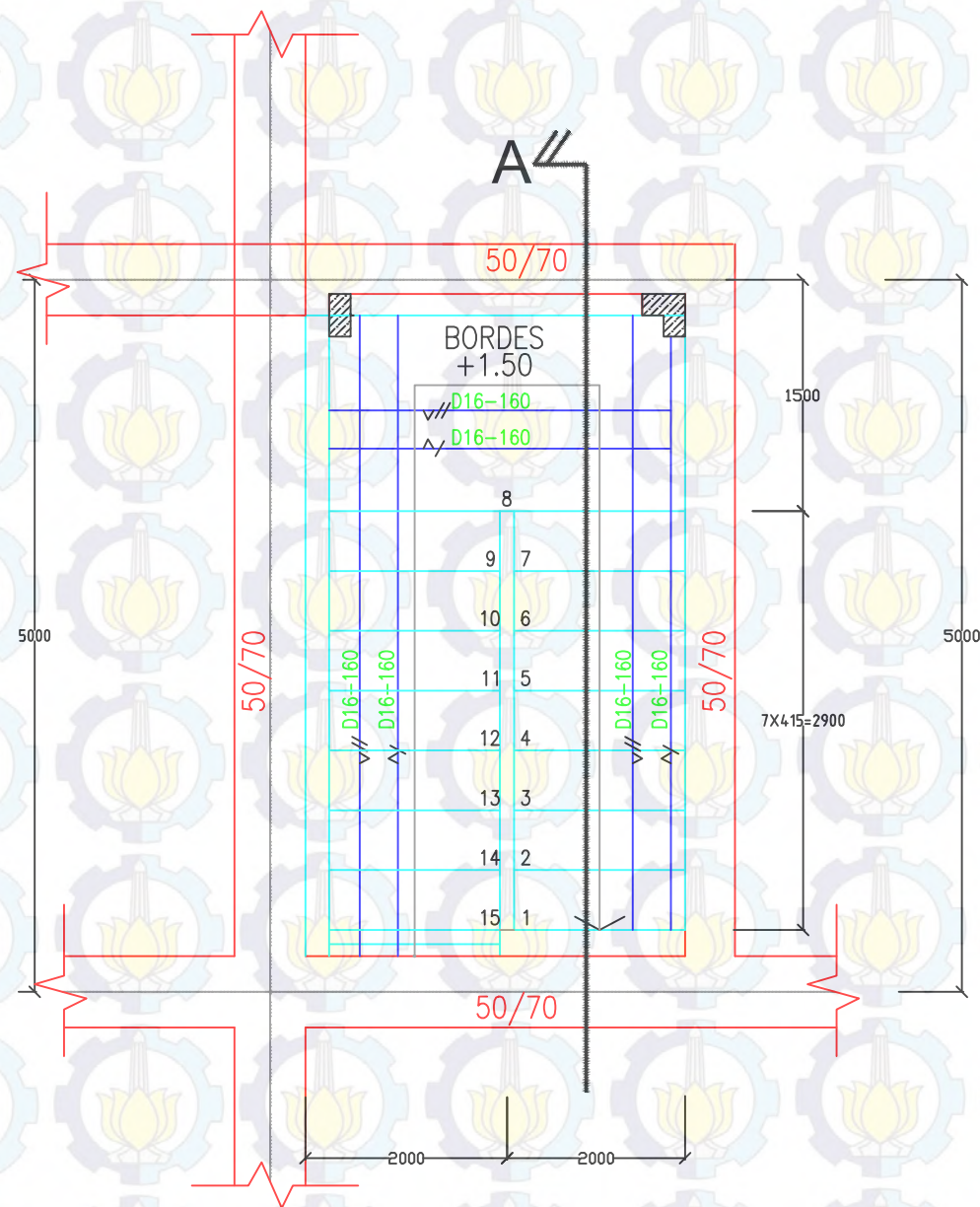
SATUAN

SKALA

MILIMETER

1:1200





NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DENAH TANGGA

NO

23

SATUAN

MILIMETER

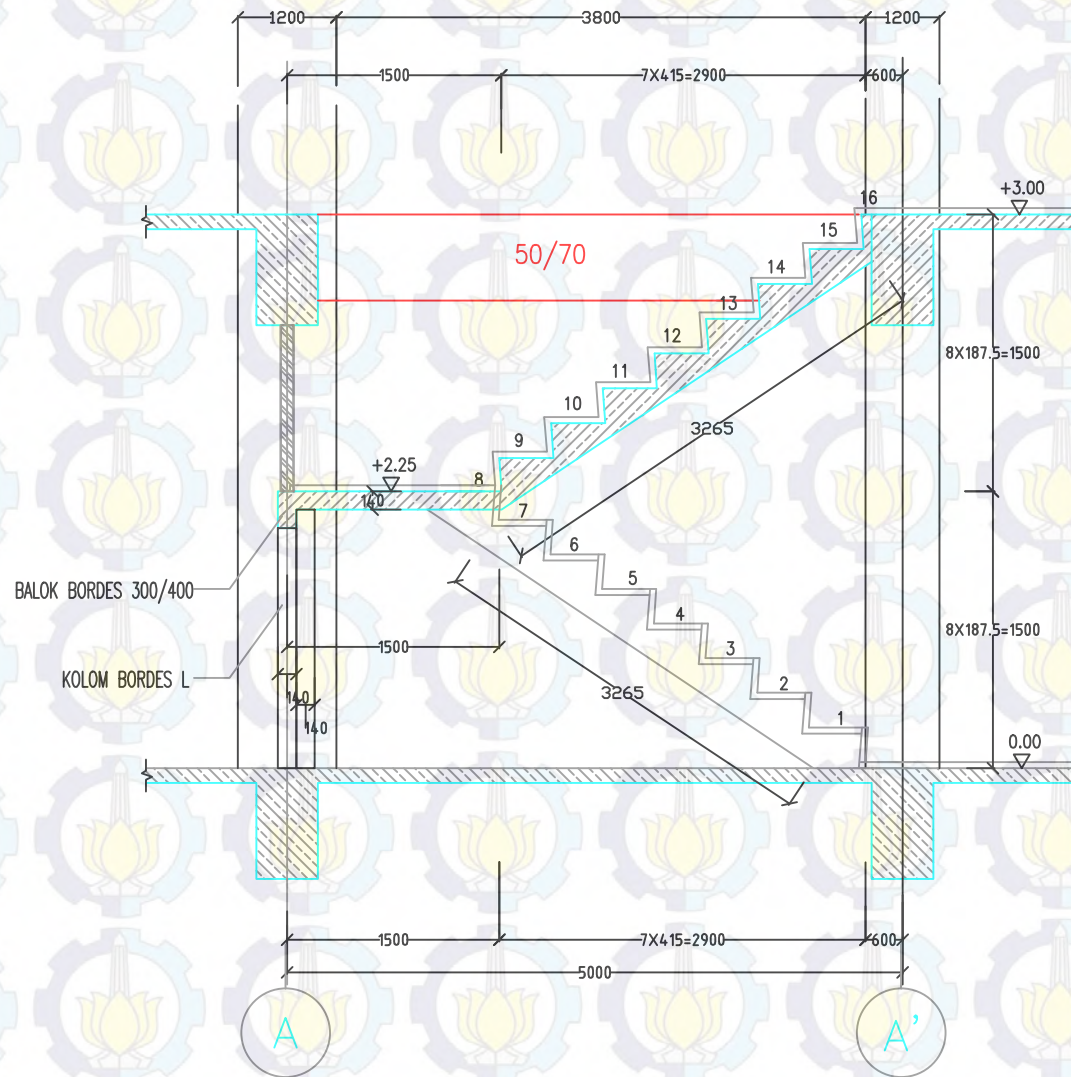
DARI

26

SKALA

1:1200





#### RESUME PENULANGAN TANGGA

TYPE KOLOM	PENULANGAN BALOK BORDES	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 X 400	
TUL. ATAS	8 D16	8 D16
TUL. SENGKANG	D12 - 140	D12 - 140
PELAT TANGGA	PENULANGAN PELAT TANGGA	
DIMENSI	1200 X 1200	
TUL. PELAT TANGGA	D16 - 160	



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO, MALANG

JUDUL  
GAMBAR

DETAIL TANGGA  
POTONGAN A-A'

NO DARI

24 26

SATUAN SKALA

MILIMETER 1:1000

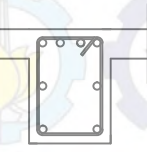
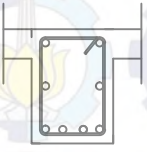
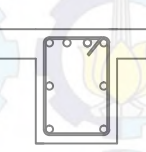
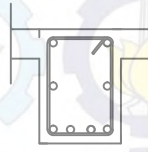
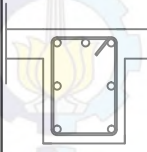
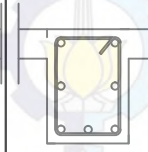


RESUME PENULANGAN KOLOM

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K1		TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K2		TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K3	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI	1200 x 1200		DIMENSI	1200 x 1200		DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	40 D25	40 D25	TUL. ATAS	32 D25	32 D25	TUL. ATAS	40 D25	40 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100	TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100	TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K4		TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K5		TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K6	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI	1000 x 1000		DIMENSI	1000 x 1000		DIMENSI	1000 x 1000	
TUL. ATAS	24 D25	24 D25	TUL. ATAS	28 D25	28 D25	TUL. ATAS	24 D25	24 D25
TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100	TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100	TUL. SENGKANG	ø12 - 100	ø12 - 100

RESUME PENULANGAN BALOK

TYPE BALOK	BALOK MELINTANG		TYPE BALOK	BALOK MEMANJANG		TYPE BALOK	BALOK MELINTANG	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI	500 x 700		DIMENSI	500 x 700		DIMENSI	400 x 600	
TUL. ATAS	4 D22	2 D22	TUL. ATAS	4 D22	2 D22	TUL. ATAS	3 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D22	2 D22	TUL. TENGAH	2 D22	2 D22	TUL. TENGAH	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	4 D22	TUL. BAWAH	2 D22	4 D22	TUL. BAWAH	2 D22	3 D22
TUL. SENGKANG	D12 - 130	Ø12 - 150	TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150	TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150



NAMA MAHASISWA

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

JUDUL TUGAS  
AKHIR

JUDUL  
GAMBAR

NO

DARI

25

26

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

RESUME KOLOM  
DAN BALOK

SATUAN


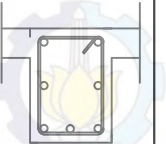

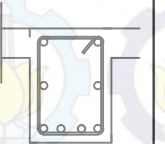
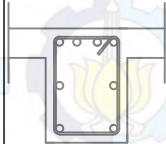
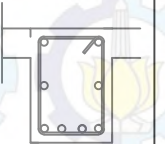
SKALA

MILIMETER

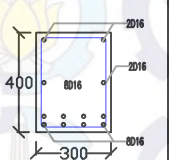
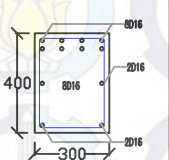
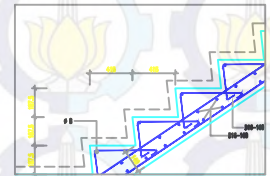
NTS



### RESUME PENULANGAN BALOK

TYPE BALOK	BALOK MEMANJANG		TYPE BALOK	BALOK MELINTANG		TYPE BALOK	BALOK MEMANJANG	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI	400 x 600		DIMENSI	450 x 650		DIMENSI	450 x 650	
TUL. ATAS	3 D22	2 D22	TUL. ATAS	4 D22	2 D22	TUL. ATAS	4 D22	2 D22
TUL. TENGAH	2 D22	2 D22	TUL. TENGAH	2 D22	2 D22	TUL. TENGAH	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	3 D22	TUL. BAWAH	2 D22	4 D22	TUL. BAWAH	2 D22	4 D22
TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150	TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150	TUL. SENGKANG	Ø12 - 130	Ø12 - 150

### RESUME PENULANGAN TANGGA

TYPE KOLOM	PENULANGAN BALOK BORDES		PENULANGAN PELAT TANGGA
	TUMPUAN	LAPANGAN	
			
DIMENSI	300 X 400		TUL. PELAT TANGGA
TUL. ATAS	8 D16	8 D16	D16 - 200
TUL. SENGKANG	D8 - 120	D8 - 120	



NAMA MAHASISWA

BIMO YUDHA PRAWIRO  
3111100121

NAMA DOSEN  
PEMBIMBING

DATA IRANATA ST. MT. Ph.D

JUDUL TUGAS  
AKHIR

PERENCAAN APARTEMEN  
TAMAN MELATI  
DINOYO,MALANG

JUDUL  
GAMBAR

RESUME BALOK DAN  
TANGGA

NO

26

SATUAN

MILIMETER

DARI

26

SKALA

NTS

## BIOGRAFI SINGKAT PENULIS



Bimo Yudha Prawiro lahir pada tanggal 6 April 1993 di Batang, Jawa Tengah. Setelah menamatkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 53 Jakarta, Penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya pada tahun 2011. Semasa SMA dan perkuliahan penulis aktif terlibat dalam kegiatan organisasi, antara lain sebagai pengurus OSIS SMAN 53 Jakarta

2009/2010 dan 2010/2011 serta pengurus HMS ITS 2012/2013 dan 2013/2014. Penulis mengambil Tugas Akhir di bidang Struktur dengan judul Perencanaan Apartemen Taman Melati Dinoyo, Malang Menggunakan Performance Based Design.